

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikka

Tuotantojohtaminen

2012

Mira Heininen

ILMATIIVIYS PIENTALOSSA

– Rakenteiden liittymien ja läpivientien työohjeet
Hartela Oy:n laatu järjestelmään



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka | Tuotantojohtaminen

Huhtikuu 2012 | 35 sivua 18 liitettä

Ohjaaja: Esa Leinonen

Mira Heininen

ILMATIIVIYS PIENTALOSSA

Ilmatiiviillä rakentamisella pyritään estämään rakennuksen hallitsemattomat ilmavuodot, jotka aiheuttavat ongelmia rakenteissa, energiankulutuksessa ja asumisviihtyvyydessä. Kosteuden siirtyminen rakenteisiin tapahtuu rakennuksen vaipan vuotokohtien kautta. Myös ulkoilmassa olevat haitalliset mikrobit pääsevät vuotokohtien kautta rakennukseen sisälle.

Rakennusten energialuokitukset kiristyvät jatkuvasti ja suurin syy energiankulutukseen ovat ilmavuodot. Ilmatiiviin rakentamisen yhtenä tarkoituksena on minimoida energiahukka. Ilmavuodot ovat usein toistensa kaltaisia ja tästä syystä Hartela Oy haluaa laatujärjestelmäänsä yhtenäiset ohjeet ilmatiiviyden kannalta riskialttiiden rakenteiden toteuttamiselle.

Tässä työssä käsitellään ilmatiiviyden ongelmia ja tiiviin talon rakentamisen edellytyksiä, sekä ilmatiiviyden todentamista. Työssä tarkastellaan esimerkkikohteita joissa on tehty ilmatiiviydmittaus. Työhön on koottu ilmatiiviyden kannalta riskialttiiden kohteiden toteuttamisen ohjekortit, aloituspalaverikaavakkeet ja tarkastuslomakkeet.

ASIASANAT:

ilmanpitävyys, tiiviys, pientalot

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Production Management

April 2012 | 35 pages 18 appendices

Instructor: Esa Leinonen, Principal Lecturer

Mira Heininen

AIRTIGHTNESS IN DETACHED HOUSE

Airtight construction prevents uncontrollable ventilation that affects structures, energy consumption and residential comfort adversely. Moisture exchange to structures occurs through air leakage points in the shell of a house. Also harmful microbes from outdoor air may slip through leakage points.

Energy classifications are constantly being tightened and the foremost reason for energy consumption are air leaks. One purpose of airtight construction is to minimize energy loss. Air leaks are often similar to each other and for this reason Hartela Oy wants the company quality system to include uniform instructions concerning how to produce airtight structures.

The thesis examines problems in airtight construction, airtight building construction requirements and the verification of airtightness. The thesis examines example building projects where air leakage tests have been conducted. Instruction cards for implementary risk structures, launch meeting forms and inspection forms were collected.

KEYWORDS:

airtight, consistence, detached house

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
1.1 Tausta	7
1.2 Tavoite ja raja	7
2 ILMATIIVIYS	8
2.1 Ilmatiivis rakentaminen	8
2.2 Ilmatiiviyden ja ilmavuotojen vaikutukset	9
2.2.1 Rakennuksen energiankulutus	9
2.2.2 Sisäilman laatu	10
2.2.3 Home- ja kosteusvauriot	11
2.2.4 Paloturvallisuus	14
3 ILMATIIVYDEN YLEISIMMÄT ONGELMAT PAIKALLA RAKENTAESSA	15
3.1 Maanvarainen laatta	15
3.2 Tuulettuva alapohja	16
3.3 Yläpohja	17
3.4 Ovet ja ikkunat	18
3.5 Läpiviennit	20
4 TIIVIIN TALON RAKENTAMINEN	21
4.1 Suunnittelu	21
4.2 Toteutus	22
4.3 Valvonta	23
4.4 Todentaminen	24
5 ILMATIIVYDEN MITTAUS ESIMERKKIKOhteissa	27
5.1 As Oy Orkidea	27
5.2 As Oy Verkarivi	29
5.3 As Oy Turun Tavastinvuori	29
6 ILMATIIVYDEN LAADUNVARMISTUS	32
6.1 Aloituspalaverit	32
6.2 Työohjekortit	32
6.3 Tarkastustoimenpiteet	33

LIITTEET

- Liite 1. Rakennuksen tiivistys, erityisvalvottavat rakenneosat
- Liite 2. Työohjekortti, maanvastaisen betonilaatan ja puurankaseinän välinen liitos
- Liite 3. Työohjekortti, maanvastaisen betonilaatan ja puurankaseinän välinen liitos
- Liite 4. Työohjekortti, tuulettuvan kivirakenteisen alapohjan ja puurankaseinän välinen liitos
- Liite 5. Työohjekortti, puurakenteisen yläpohjan ja kivirakenteisen ulkoseinän liitos
- Liite 6. Työohjekortti, puurakenteisen yläpohjan ja puurakenteisen ulkoseinän liitos
- Liite 7. Työohjekortti, puurakenteisen välipohjan ja puurakenteisen ulkoseinän liitos
- Liite 8. Työohjekortti, oven tiivistäminen seinärakenteeseen
- Liite 9. Työohjekortti, ikkunan tiivistäminen seinärakenteeseen
- Liite 10. Työohjekortti, läpivientien tiivistäminen, putkiläpiviennit
- Liite 11. Työohjekortti, läpivientien tiivistäminen, hormiläpiviennit
- Liite 12. Työohjekortti, puu-ulkoseinän sähkörsiat
- Liite 13. Rakennuksen tiivistys, aloituspalaveri
- Liite 14. Ikkunoiden tiivistys, aloituspalaveri
- Liite 15. Ulkoseinän ja yläpohjan levytyksen tiivistys, aloituspalaveri
- Liite 16. Saumaustyöt, aloituspalaveri
- Liite 17. Yläpohjan höyrynsulun läpivientien tiivistys, aloituspalaveri
- Liite 18. Lämmöneristeiden, höyrynsulun ja aluskatteen tarkastus

KUVAT

- Kuva 1. Vesihöyryn siirtyminen rakenteen läpi diffuusion avulla. 12
- Kuva 2. Kosteuden siirtyminen rakenteisiin ulkoisen konvektion avulla kesällä ja talvella. 12
- Kuva 3. Sisäisen konvektion periaate ja liikkumissuunta kesällä ja talvella. 13
- Kuva 4. Rakennusaikaisen kosteuden vaikutus seinärakenteen kondenssiveden määrään. 16
- Kuva 5. Ryömintätilan tuuletuskatve aiheuttaa homehtumisriskin. 17
- Kuva 6. Yläpohjan höyrynsulun tulee olla ehjä, ettei rakenteisiin pääse kosteutta. 18
- Kuva 7. Ikkunankarmin ja rungon välinen tiivistys. 19
- Kuva 8. Höyrynsulkumuovin paikka seinärakenteessa. 22
- Kuva 9. Ilmanvuotoluvun vaikutus rakennuksen energiatehokkuusluokkaan. 25
- Kuva 10. Ennen mittausta on tiivistettävä kaikki rakennuksen ilmanvaihtokanavat. 26
- Kuva 11. Ilmatiiyysmittauslaitteistoa. 26
- Kuva 12. Ikkunan tiivisteiden, rungon ja karmin välisen tiivistyksen epätiiviyskohdat. 28
- Kuva 13. Olohuoneen ikkunan tiivisteiden ja ulkoseinien ja alapohjan välisen liittymän epätiiviyskohdat. 28
- Kuva 14.. Alapohjan ja ulkoseinän välinen epätiiviyskohta. 30
- Kuva 15. Ulkoseinän pistorasian kohdalla oleva ilmanvuoto. 31

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

Diffuusio	Diffuusio on ilmiö, jossa molekyylit siirtyvät väkevämmästä pitoisuudesta laimeampaan.
EPS	<i>Expanded polystyrene</i> on paisutettua polystyreenimuovia (EPS-eriste)
Ilmanvuotoluku	n_{50} -luku kertoo montako kertaa rakennuksen tilavuuden verran ilmaa vuotaa vaipan kautta tunnissa, kun rakennuksen sisälle luodaan 50 Pa:n (Pascalin) ali- tai ylipaine.
Ilmanvuoto	Ilmanvuoto on rakennuksen sisä- ja ulkopuolen välisten paine-erojen aiheuttamaa ilman virtausta, eli konvektiota. Paine-eroja aiheuttavat mm. ilmanvaihtolaitteet, tuuli, tulisijojen käyttö ja lämpötilaerot.
Ilmansulku	Ainekerros, joka estää haitallisen ilmavirtauksen rakennusosan läpi puolelta toiselle. Kerroksellisissa vaipparakenteissa tarvitaan rakenteen lämpimällä puolella ilmansulun lisäksi aina riittävän vesihöyryntiivis höyrynsulku. Sama ainekerros voi toimia sekä ilman- että höyrynsulkuna (RT 80-10974.)
LTO	Lämmön talteenotto
Konvektio	Lämmön kulkeutumista nesteessä tai kaasussa lämmön tai paine-erojen aiheuttamien virtausten mukana
Pientalo	”Yksi tai useampikerroksinen asuinrakennus, joka koostuu yhdestä huoneistosta tai useammasta vierekkäin toisissaan kiinni olevasta huoneistosta. Pientaloja ovat mm. omakotitalot, kytketyt omakotitalot, paritalot, rivitalot ja loma-asunnot, jotka kuuluvat lämpöhäviöiden tasauslaskennan piiriin” (RT 80-10974.)
Rakennuksen vaippa	Rakennuksen vaippaan kuuluvat ne rakennusosat, jotka erottavat lämpimän, puolilämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan ulkoilmasta, maaperästä tai lämmittämättömästä tilasta. Väliseinät eivät kuulu rakennuksen vaippaan
Tuulensuoja	”Ainekerros, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitalliset ilmavirtaukset ulkopuolelta sisäpuoliseen rakenteen osaan ja takaisin” (RT 80-10974.)

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Tyypillisimmät virheet ilmatiiviissä rakentamisessa tehdään rakenteiden liittymien ja läpivientien tiivistyksessä. Oikeiden materiaalien valinta, oikeat työtavat ja laadunvarmistus ovat kaikki tärkeässä osassa ilmatiiviin rakennuksen toteutuksessa. Paikalla rakennetuissa pientaloissa esiintyvät ilmavuodot ovat yleensä toistensa kaltaisia ja johtuvat usein työntekijän osaamattomuudesta tai perehtymättömyydestä ja valvonnan puutteesta.

Tampereen teknillisessä yliopistossa tehdyssä tutkimuksessa paljastui pientalojen tyypillisimmät ilmanvuotokohdat. Suurin osa, 37 %, ilmanvuotokohdista oli ulkoseinän ja yläpohjan liitoskohdassa. Ikkunat ja ovet sekä niiden liitoskohdat ulkoseinään aiheuttivat 31 % ilmavuodoista, ulkoseinän ja välipohjan liitos 12 % ja ilmansulun läpiviennit 8 % rakennuksen ilmavuodoista. (Vinha ym. 2009.) Hartela Oy on tehnyt ilmatiiviysmittausten yhteydessä lämpökamerakuvauksia omissa kohteissaan ja havainnut ilmavuotojen olevan hyvin paljon toistensa kaltaisia. Hartela Oy:lle halutaan yhteinen linja ilmavuotojen kannalta kriittisten kohtien toteutukseen.

1.2 Tavoite ja rajaus

Opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä työohjekortit ja tarkastuslomakkeet paikalla rakennettujen pientalojen rakenteiden liittymien ja läpivientien ilmatiiviyden toteuttamiseksi. Työohjeet liitetään Hartela Oy:n laatujärjestelmään ja suunnitteluohejeisiin. Työssä käydään yleisellä tasolla läpi ilmatiiviyden yleisimpiä ongelmakohtia ja ilmavuotojen vaikutuksia. Työssä kerrotaan tiiviin talon suunnittelun, toteutuksen ja valvonnan yhteistoiminnan tärkeydestä. Lisäksi käydään läpi esimerkkikohteiden yleisimpiä ilmavuotokohtia.

2 ILMATIIVIYS

2.1 Ilmatiivis rakentaminen

Ilmatiiviissä rakentamisessa tavoitteena on mahdollisimman pieni ilmanvuotoluku. Pieneen ilmanvuotolukuun pääseminen edellyttää, ettei rakennuksen vaipassa ole vuotavia kohtia. Rakentajalta vaipan tiivistys vaatii erityistä huolellisuutta, sillä ilmanvuotoja tapahtuu yleensä rakenteiden liittymien ja läpivientien kohdalla.

Ilmatiivistyksessä käytetyt muovikalvot, teipit, massat ja vaahdot ovat vuosien myötä kehittyneet ja säilyttävät ilmatiiveytensä useita vuosikymmeniä. Tiiviiden saavuttamisessa tuotteita tärkeämmiksi on muodostumassa rakennuksen suunnittelu, työn toteutus ja sen valvonta.

Rakennusten ilmavuodot ovat pääasiassa kahdentyyppisiä. Rakennevuotoja, eli epätiiviyyksiä rakenneosien liitoskohdissa ja teknisten järjestelmien aiheuttamia epätiiviyyksiä, eli ilmanvaihtokanavien ja sähköasennusten kautta tapahtuvat ilmavuodot (Isover 2012.)

Tiiviisti rakennetussa talossa ei esiinny hallitsematonta ilmavuotoa. Hallitsemattomat ilmavuodot johtuvat yleisimmin rakennusaikaisista virheistä, mutta vanhassa rakennuksessa ilmavuodot saattavat johtua myös tiivisteiden kulumisesta. Ilmanpitävässä rakennuksessa toimivalla ilmanvaihdolla on suuri merkitys, sillä ilma ei vaihdu lainkaan vuotokohtien kautta. Viihtyisän ja terveellisen sisäilmaston takaamiseksi tarvitaan riittävä ilmanvaihto vuorokauden ympäri (RT 80-10974.)

Ilmatiivis rakentaminen takaa ihmisille tämän päivän asumismukavuuden täyttävät kriteerit. Rakennus ei kuluta ylimääräistä energiaa, asuinrakennukseen on mahdollista toteuttaa tasainen ja miellyttävä huoneenlämpö ympäri vuoden, paloturvallisuus toteutuu entistä tehokkaammin, asunto on pitkäikäinen, ja sisäilman laatu pysyy hyvänä säästä riippumatta.

Rakentamismääräyskokoelmassa määritellään tämän päivän rakentamisen tiiviiden kriteerit. Vuotokohtien läpi tapahtuvat ilmavirtaukset eivät saa olla niin suuria, että niistä aiheutuu merkittävää haittaa rakennuksen käyttäjille, rakenteille tai rakennuksen energiatehokkuudelle. Huomiota on kiinnitettävä erityisesti rakenteiden liittymien ja läpivientien suunnitteluun ja työn toteutuksen huolellisuuteen. Tarvittaessa rakenteisiin on tehtävä erillinen ilmansulku (RakMK D3 2.3.1.)

2.2 Ilmatiiviiden ja ilmavuotojen vaikutukset

Ilmavuodot aiheuttavat rakennuksissa useita erilaisia haittoja. Karkeasti sanottuna ilmavuodot vaikuttavat rakennukseen kokonaisvaltaisesti. Vaikutuksia tulee asumisviihtyvyyteen, terveyteen, asumisturvallisuuteen, asumiskustannuksiin ja rakenteiden elinikään.

Asumisviihtyvyyteen vaikuttaa ensisijaisesti vedontunne. Terveysteen vaikuttavia seikkoja ovat homeet ja sisäilman laatu. Asumiskustannuksiin vaikuttaa rakennuksen energiankulutus, ja asumisturvallisuuteen lasketaan tässä tapauksessa paloturvallisuus. Ilmavuotojen aiheuttamat mahdolliset kosteusvauriot vaikuttavat olennaisesti rakenteiden elinikään.

2.2.1 Rakennuksen energiankulutus

Vuotavassa rakennuksessa ilmanvaihto kasvaa tuulisella säällä ja vedontunne suurenee. Vedontunteen poistamiseksi joudutaan nostamaan sisäilman lämpötilaa ja energiankulutus kasvaa. Vanhojen rakennusten yleinen ongelma, kylmät lattiat, johtuvat usein alapohjan liittymien ilmavuodoista.

Tiiviissä rakennuksessa lämmitysenergian kulutus pienenee, koska ilmavuodoista johtuva energiahukka vähenee. Kun hallitsemattomia ilmavuotoja ei esiinny, saadaan myös LTO-laitteesta maksimihyöty irti.

Ilmavuodot vaikuttavat suuresti rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen. Pientalojen laskennallinen kokonaisenergiankulutus kasvaa keskimäärin 4 % jokaista n50-luvun kokonaisuusyksikön lisäystä kohti. Ilmatiiviysluku, eli n50-luku kertoo kuinka monta kertaa rakennuksen tilavuuden verran ilmaa vuotaa tunnissa rakennuksen vaipan läpi, kun rakennuksen sisälle luodaan 50 Pa:n (Pascalin) ali- tai ylipaine.

Tyypillisen ilmanpitävyystason omaavan pientalon n50-luku on 4,0 1/h ja erinomaisen 1,0 1/h. Laskennallisesti tyypillisen pientalon energiankulutus on siis 6–20 % suurempi kuin erinomaisen ilmanpitävyystason pientalolla. Kuvassa 5 on esitetty ilmavuotoluvun vaikutus rakennuksen energialuokitukseen (RT 80-10974.)

Ilmatiiviin vaipan rakentaminen on näin ollen edullisin ja merkittävin keino rakennusten energiankulutuksen minimointiin. Vanhojen rakennusten ilmanpitävyyttä parannettaessa saadaan rakennuksen energiatehokkuusluokka helposti nousemaan jopa erinomaiselle tasolle.

Tiiviissä rakennuksessa on mahdollista toteuttaa täydellä teholla myös rakennuksen viilennystä, eikä viilennykseen kulu yhtä paljon energiaa tiiviissä, kuin vuotavassa rakennuksessa.

2.2.2 Sisäilman laatu

Tiiviissä rakennuksessa on parempi sisäilman laatu kuin vuotavassa rakennuksessa sillä ilma vaihtuu hallitusti ilmanvaihdon kautta ja ulkoilmasta sisälle virtaavien haitallisten aineiden ja mikrobien määrä vähenee.

Sisäilma on hyvää jos sisäilman haittatekijät eivät aiheuta terveydellistä vaaraa. Sisäilman laatu on tärkeää, sillä ihminen viettää suurimman osan ajastaan sisätiloissa ja hengittää vuorokaudessa tuhansia kuutiometrejä ilmaa, josta valtaosa on sisäilmaa. Sisäilman epäpuhtaudet voivat aiheuttaa allergia- ja ärsytysoireita tai pahentaa niitä (Sisäilmayhdistys, 2012.)

Radon on sisäilmassa esiintyvä hajuton ja mauton kaasu, joka on peräisin maaperästä. Radon aiheuttaa keuhkosyöpää jos sille altistuu pitkäaikaisesti suurina pitoisuuksina. Suomessa radonpitoisuudet ovat muuta Eurooppaa korkeammat, ja radonsuojaukseen on keskityttävä tarkemmin.

Maaperän radonpitoinen ilma tunkeutuu sisäilmaan rakennuksen alapohjassa olevien rakojen kautta. Ilmavirtauksen aiheuttajana on ulko- ja sisäilman välinen lämpötilaero.

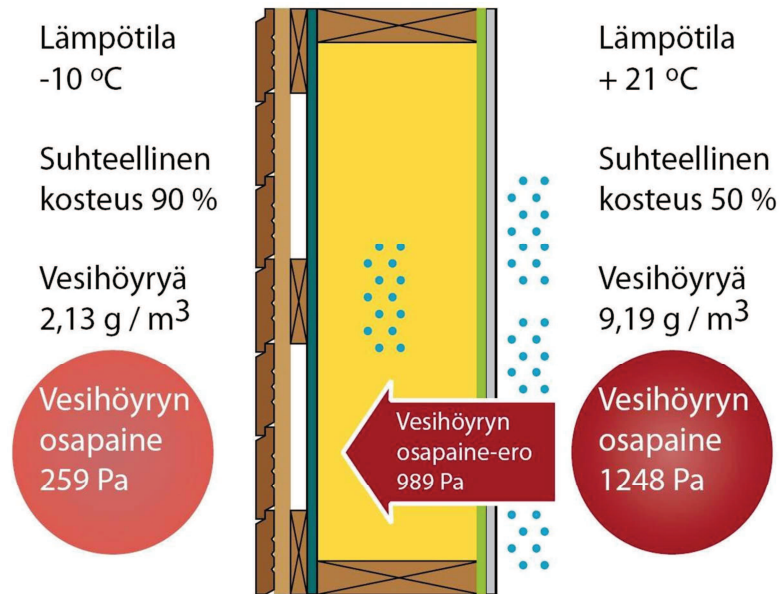
Radonin pääsy sisäilmaan voidaan estää tuulettuvan ja ilmatiiviin alapohjan avulla. Ilmatiivis alapohja estää myös maaperästä tulevien tunkkaisten hajujen ja mahdollisten kemiallisesti haitallisten kaasujen pääsyn sisätiloihin.

Useimmiten alapohjan tiivistämisen ongelmat ovat läpivientien tiivistyksessä, ja niiden kautta myös radon pääsee sisäilmaan. Läpivientien tiivistyksessä onkin noudatettava erityistä huolellisuutta. Tiivistämistöiden laiminlyönti esim. teknisessä tilassa tai varastotiloissa saattaa johtaa merkittävään radonpitoisuuden kasvuun asuintiloissa (STUK, 2012.)

2.2.3 Home- ja kosteusvauriot

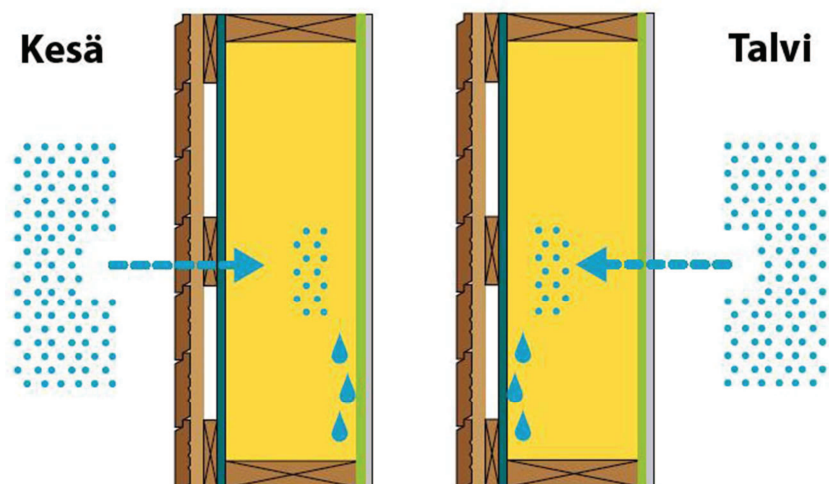
Rakennuksen sisällä oleva lämmin ilma sisältää lähes aina enemmän kosteutta kuin ulkoilma. Kosteus pyrkii siirtymään rakenteen läpi kuivempaan ulkoilmaan joko diffuusion tai konvektion avulla.

Diffuusiossa molekyylit siirtyvät väkevämmästä pitoisuudesta laimeampaan. Lämmin ilma sisältää yleensä enemmän vesihöyryä kuin viileä ilma, joten vesihöyryn osapaine on korkeampi lämpimässä ilmassa. Rakenteiden sisäpuolen höyrynsulkuna käytetään korkean diffuusiovastuksen omaavia materiaaleja estämään vesihöyryn pääseminen rakenteisiin. Rakenteen ulkopuolisena suojana käytettävän tuulensuojalevyn diffuusiovastus on pieni, jotta vesihöyry pääsee tuulettumaan eristeistä. Kuvassa 1 on esitetty diffuusion periaate.



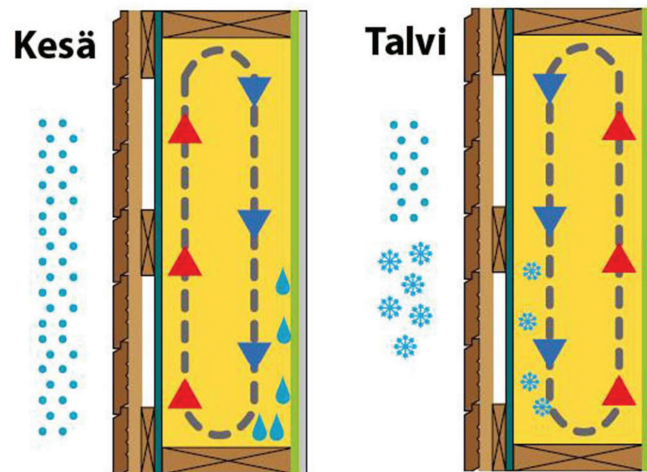
Kuva 1. Vesihöyryn siirtyminen rakenteen läpi diffuusion avulla (Tiivistalo 2012).

Konvektio on lämmön kulkeutumista nesteessä tai kaasussa lämmön tai paine-erojen aiheuttamien virtausten mukana. Ulkoisella konvektiolla tarkoitetaan sitä että rakennuksen vaippa vuotaa. Ulkoinen konvektio aiheuttaa suurimman osan rakennuksen eristeiden kastumisesta. Kuvassa 2 on esitetty ulkoisen konvektion periaate kesällä ja talvella.



Kuva 2. Kosteuden siirtyminen rakenteisiin ulkoisen konvektion avulla kesällä ja talvella (Tiivistalo 2012).

Sisäisellä konvektiolla tarkoitetaan ilman kulkemista eristeen sisällä. Se ei itessään lisää rakenteen kosteuden määrää, mutta nopeuttaa kosteusvaurioiden syntymistä sellaisissa rakenteissa, jotka eivät tuuletetu riittävästi. Kuvassa 3 on esitetty sisäisen konvektion liikkumissuunnat kesällä ja talvella.



Kuva 3. Sisäisen konvektion periaate ja liikkumissuunta kesällä ja talvella (Tiivistalo 2012).

Ongelmia esiintyy, kun rakenteessa on lämmöneristeen kylmällä puolella niin tiivis rakenne, että kosteus ei pääse sen läpi vaan jää rakenteeseen. Jos tällaisessa tapauksessa rakenteessa ei ole riittävästi tuuletusta, voi kosteus oikeissa olosuhteissa aiheuttaa hometta ja pahimmillaan lahoamista.

Kosteusvauriot syntyvät, kun rakenteeseen pääsee enemmän kosteutta kuin mitä kuivuminen sallii. Rakenteen kosteuskuormitus on silloin suurempi kuin sen kuivumisvara. Kosteus voi päästä rakenteeseen joko ulko- tai sisäpuolelta.

Ulkopuolisen kosteuskuormituksen aiheuttavat yleensä tuulen seinään tuoma kosteus, kosteuden kapillaarinen nousu maaperästä tai vuotava kattorakenne. Näiden kaikkien syynä on yleensä suunnittelu- tai rakennusvirhe. Sisäpuolisen kosteuskuormituksen aiheuttavat yleensä ilmavuodot (konvektio), kosteuden siirtyminen viereisestä rakenteesta, käytettyjen materiaalien suuri asennuskosteus tai huolimaton rakennusprosessi. (Tiivistalo, 2012)

2.2.4 Paloturvallisuus

Rakennukset jaetaan yleensä palo-osastoihin palon ja savun leviämisen rajoittamiseksi ja poistumisen turvaamiseksi. Palo-osastot helpottavat myös pelastus- ja sammutustoimia ja rajoittavat omaisuusvahinkoja.

Palo-osastojen välissä ilmatiiviys on erittäin tärkeää, mutta myös muissa rakenteissa tiiviys estää savun ja haitallisten kaasujen pääsyn hallitsemattomasti asuintilasta toiseen.

3 ILMATIIVIYDEN YLEISIMMÄT ONGELMAT PAIKALLA RAKENTAESSA

3.1 Maanvarainen laatta

Huonosti tiivistetty pohja maanvaraisen laatan alla päästää ilman kulkemaan maa-aineksen sisällä ja kylmä ilma pääsee kosketuksiin laatan alapinnan kanssa. Maaperästä tuleva ilma saattaa rakennuksen sijainnista riippuen sisältää myös runsaasti radonia, jolloin pitää ottaa huomioon radonputkitus.

Huolimaton EPS-levyjen asettelu ja huonosti tiivistetyt läpiviennit aiheuttavat ilmavuotoja ja kylmäsiltoja. Laatan huolimaton ja epätasainen valu varsinkin reuna-alueilla aiheuttaa ylimääräisiä ilmavuotokohtia, joiden paikkaamisessa pitää olla erityisen huolellinen.

Alapohjan ja ulkoseinän välisen liitoksen ja alapohjan läpivientien ilmatiiviys on olennaista hyvän sisäilmanlaadun saavuttamiseksi. Tiiviillä liitoksella estetään paitsi maaperän mikrobien myös mahdollisen radonin siirtyminen sisäilmaan (Aho, Korpi, 2009.)

Laatan valaminen vaikuttaa myös seinärakenteisiin, sillä laatan kuivuessa seinärakenteeseen pääsee kosteutta. Seinässä olevan ilmansulun sisäpuoleinen lämmöneriste on asennettava vasta, kun rakennusaikainen kosteus on kuivunut riittävästi. Näin estetään kosteuden jääminen rakenteen sisään eikä kosteusvaurioita pääse syntymään rakennusaikaisen huolimattomuuden takia (kuva 4).

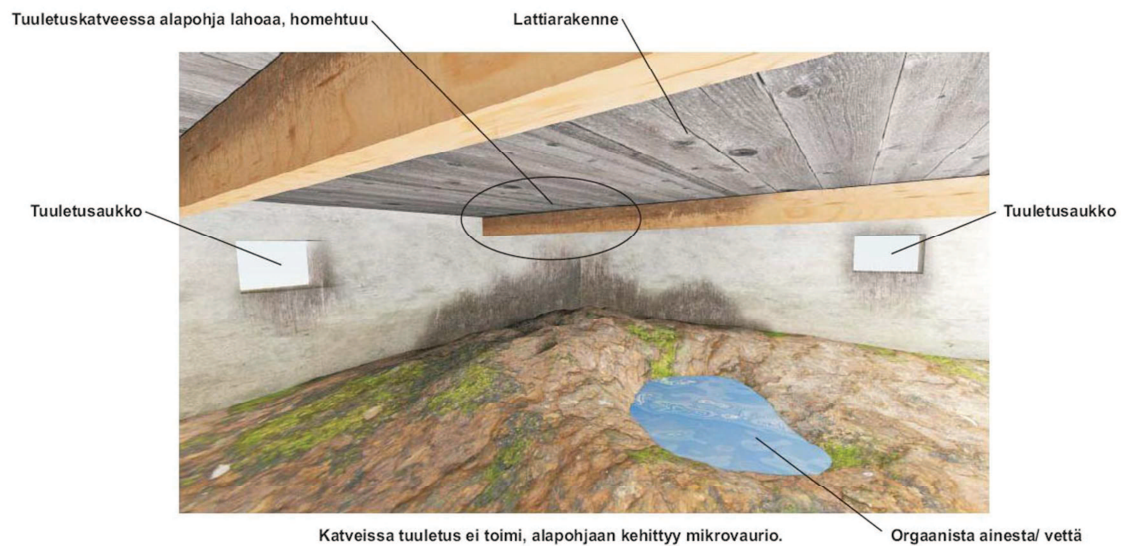


Kuva 4. Rakennusaikaisen kosteuden vaikutus seinärakenteen kondenssiveden määrään (Hometalkoot 2012).

3.2 Tuulettuva alapohja

Puurakenteisen alapohjan ilmansulkujen ja tuulensuojan liitokset ovat hankalia toteuttaa, ja niissä tapahtuu usein virheitä, jotka sitten aiheuttavat ilmavuotoja. Läpivientien tiivistyksissä ja eristyksissä tehdään usein virheitä.

Ryömintätilassa tulee olla hyvä tuuletus, ja sen on ulotuttava ryömintätilan jokaiseen osaan, ettei ryömintätilaan jää kuvassa 5 esitettyjä tuuletuskatveja ja maanpinta tulisi eristää ryömintätilan puolelta esimerkiksi kevytsorakerroksella (Aho, Korpi, 2009.)



Kuva 5. Ryömintätilan tuuletuskatve aiheuttaa homehtumisriskin (Hometalkoot 2012).

3.3 Yläpohja

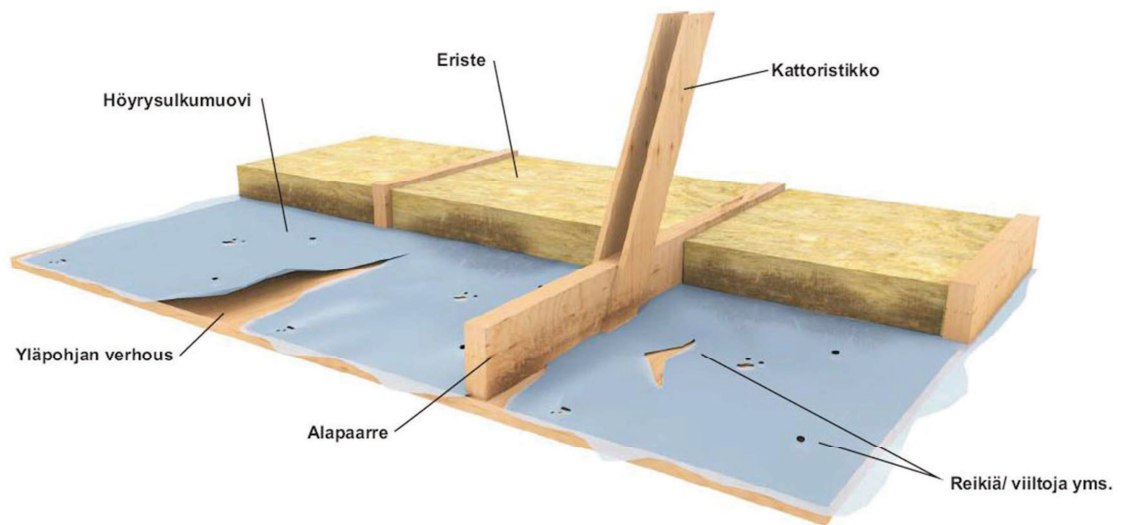
Puhallusvillan epätasainen puhaltaminen yläpohjaan aiheuttaa paikallisia lämpövuotoja. Villa holvaantuu helposti, ja erityisesti pienten kolojen ja esimerkiksi ilmanvaihtoputkien ylä- ja alapuolen tasainen täyttö on hankalaa, joten puhaltamisessa on oltava erityisen huolellinen.

Tuulenohjauspahvien puutteellinen kiinnitys saattaa aiheuttaa sen, että tuulenohjaimet irtoavat osittain tai kokonaan, jolloin tuuli ei ohjaudu haluttuun suuntaan. Tällöin tuuli saattaa siirtää puhallusvillaa ja näin heikentää paikallisesti yläpohjan lämmöneristystä (Lämmin puutalo, 2011.)

Höyrynsulkumuovin puutteellinen tiiviys läpivientien ja liittymien kohdalta aiheuttaa ilmavuotoja ja paikkaaminen on haasteellista. Höyrynsulun eheys tulee varmistaa ennen rakenteiden jäämistä peittoon. Rikkinäisen höyrynsulun (kuva 6) läpi pääsee konvektion avulla valtavasti kosteutta.

Höyrynsulkumuovin saumat tulee limittää riittävästi ja saumakohta on aina teipattava ja saumakohta on pyrittävä saamaan koolauksen kohdalle, etteivät

mahdolliset puhallusvillan epätasaisuudet pääse painamaan saumaa ajan saatossa rikki.



Kuva 6. Yläpohjan höyrynsulun tulee olla ehjä, ettei rakenteisiin pääse kosteutta konvektion avulla (Hometalkoot 2012).

Sisätilan ilmakehän viemäriin tuuletusputkia ja jopa radonputkia on silloin talvella vuosikorjausten ja kosteusvaurioiden syiden etsimisen aikana tavattu päätymästä ullakkotilaan. Ne aiheuttavat ilmavuotoja, ja myös yläpohjan kosteusvauriot johtuvat usein tällaisista rakennusvirheistä.

Kylminä vuodenaikoina ilman vuotaminen rakennuksen sisätiloista katon tuuletustilaan aiheuttaa kosteuden tiivistymistä katon rakenteisiin. Pakkasella kosteus tiivistyy huurteena, jonka sulaminen voi tiivistymispinnan kastumisen lisäksi aiheuttaa vesivuotoja yläpohjaan, sisätiloihin ja seinärakenteisiin.

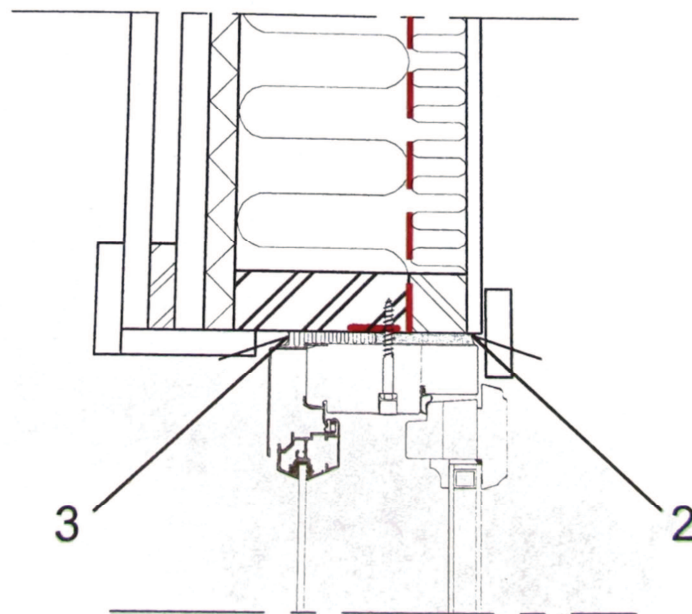
3.4 Ovet ja ikkunat

Liian ahdas aukko ikkunalle tai ovelle ei anna mahdollisuutta tiivistää karmin ja seinän väliä riittävän paksult. On myös huolehdittava, että ovet ja ikkunat asennetaan suoraan kulmaan, sillä vinoon asennettuna karmin ja aukon väliset tiivisteet on mahdotonta tehdä tasaisiksi.

Ovien ja ikkunoiden aukot tulee mitoittaa siten, että asennusvaraksi jää joka reunaan 10–15 mm. Tilkerako täytetään lämmöneristeellä, joka vastaa ominaisuuksiltaan seinärakenteen lämmöneristettä. Tilkerakon sisäpuoleisen tiiveyden tulee vastata ympäröivän rakenteen höyrynsulun tiiviyttä (RT 82-10605.)

Rikkinäiset tiivisteet tai asennusvirhe ovat erittäin yleisiä ilmavuotojen syitä. Tiivistysten kunto pitäisi tarkastaa vielä ennen asennusta, vaikka se tehtaalta lähtiessä tehtäisiinkin. Ikkunoiden asennus tulee aikatauluttaa puurunkoisissa rakennuksissa niin, että höyrynsulkumuovi on asennettu ennen ikkunan asennusta. Näin höyrynsulkumuovi saadaan tiivistettyä ikkunan karmin ja rungon väliin mahdollisimman yksinkertaisesti ja vaivattomasti (kuva 7).

Lämpötekniisesti järkevintä on sijoittaa ikkuna seinän lämmöneristeen kohdalle ja sisäpuite likimain sisäverhouksen tasoon. Tällöin ikkunan alapuolella mahdollisesti sijaitsevasta lämmittimestä kohoava ilmavirta nostaa sisälasin pintalämpötilaa. Näin kosteus ei tiivisty lasin sisäpintaan ja ikkunan kylmän säteily ehkäistään (RT 82-10605.)



Kuva 7. Ikkunankarmin ja rungon välinen tiivistys (Aho, Korpi, 2009).

3.5 Läpiviennit

Höyrynsulun läpivientien määrä tulisi minimoida suunnitteluvaiheessa, sillä tiivistyksen epäonnistumisen todennäköisyys on suuri. Teippaus ei ole välttämättä ikuinen ja siksi läpivientien tiivistyksille on suunniteltava pitävämpi vaihtoehto.

Läpivientien ilmavuodot johtuvat useimmiten huolimattomasta toteutuksesta. Ilmansulkuun leikataan liian suuri reikä, läpivientiä ei teipata kunnolla tai tiivisyksessä käytetään vääränlaisia materiaaleja.

Putkiläpivienneissä tulee mahdollisuuksien mukaan käyttää valmiita asennussovitteita, jotka takaavat ilmatiiviin ja pitkäikäisen rakenteen. Putkiläpivientien lisäksi on huomioitava myös hormiläpiviennit. Muurattavia piippuja käytettäessä tulee höyrynsulkumuovi tiivistää piipun kylkeen erillistä, hyvin suunniteltua rakennetta käyttäen. Elementtipiippuja asennettaessa tulee käyttää piipun valmistajan tekemää höyrynsulun läpivientilaippaa piipun valmistajan ohjeiden mukaisesti.

4 TIIVIIN TALON RAKENTAMINEN

Kaikki rakenteet voidaan tehdä tiiviiksi. Ilmatiiviin talon rakentaminen vaatii huolellisen suunnittelun, oikeat materiaalivalinnat, huolellisen työsuorituksen ja oikeat työtavat sekä välineet. Suunnittelijoiden ja toteuttajien yhteistyö on välttämätöntä tiiviin rakennuksen aikaansaamiseksi. Suunnittelijan tehtävänä on suunnitella toteuttamiskelpoisia ratkaisuja, ja työn suorittajan tulee noudattaa ohjeita tai keskustella mahdollisista muutoksista suunnittelijan kanssa.

4.1 Suunnittelu

Ensimmäinen vaihe ilmanpitävän rakenteen tekemisessä on huolellinen suunnittelu. Jo arkkitehtisuunnittelussa tulee ottaa tavoitteeksi hyvä ilmanpitävyys. Riskialttiiden liitosratkaisujen käyttöä tulee välttää, läpivientien määrä pitää minimoida ja niiden sijoituspaikat tulee miettiä ennalta valmiiksi.

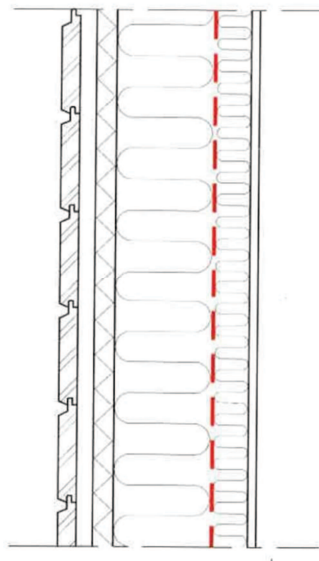
Suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota rakenteiden liittymien ja läpivientien toteuttamiskelpoisiin ratkaisuihin. Oikeiden materiaalien valinta suunnitteluvaiheessa antaa hyvät lähtökohdat tiiviin rakenteen tekemiseen (RT 80-10974.)

Rakennusvaipan osat, niiden väliset liitokset ja läpiviennit on suunniteltava niin, että tiivistys varmasti pysyy kiinni ympäröivissä pinnoissa ja kestää muodonmuutoksia rakennuksen halutun käyttöiän. Ulkovaipan raot ovat usein syntyneet eri materiaalien liitoskohtiin, joissa tapahtuu sisäilman lämpötila- ja kosteusmuutosten vuoksi jatkuvaa liikettä. Tiivistyksellä on siis oltava riittävä muodonmuutoskyky.

Piiloon jäävien liitoskohtien ilmanpitävyyden varmistaminen on erityisen tärkeää, sillä korjaaminen jälkeenpäin on haastavaa, ellei mahdotonta. Vuotokohdan löytäminen on vaikeaa, rakenteita joudutaan rikkomaan, eikä höyrynsulkumuovia saada korjauksessa usein riittävän tiiviiksi (Kettunen, 2011.)

Rankarakenteisen vaipan lämpimälle puolelle tulee suunnitella ilmansulku, joka voi olla joko kalvomainen tai levymäinen. Rakennusvaiheessa esimerkiksi pistorasioiden asentaminen rikkoo yleensä liian pintaan sijoitetun höyrynsulkumuovin ja aiheuttaa vuotokohdan. Rakennuksen käyttöaikana kaikki seinissä käytettävät kiinnikkeet saattavat puhkaista liian pintaan sijoitetun höyrynsulkumuovin.

Ilmansulku tulee sijoittaa rakenteeseen niin, että sähköasiat ja johdot voidaan asentaa ilmansulkua rikkomatta (kuva 8). Tästä syystä höyrynsulkumuovi on sijoitettava riittävän syvälle rakenteeseen, esimerkiksi 50 mm:n etäisyydelle rakenteen sisäpinnasta. Näin sähköasennukset voidaan tehdä ilmansulkua rikkomatta sisäverhouksen ja ilmansulun väliin. Höyrynsulkumuovia ei saa sijoittaa ulommas, kuin neljänneksen rakenteen paksuudesta, sillä silloin se ei enää täytä käyttötarkoitustaan ja päästää kosteuden seinärakenteen sisälle (RT 80-10974.)



Kuva 8. Höyrynsulkumuovin paikka seinärakenteessa (Aho, Korpi, 2009).

4.2 Toteutus

Työntekijän on oltava ammattitaitoinen ja perehdytetty kyseisen työsuorituksen vaatimiin suoritustapoihin. Työtapojen on oltava yhtenäiset ja määräysten mu-

kaiset, ettei sekaannuksia pääse sattumaan. Työsuorituksessa on noudatettava erityistä huolellisuutta ja työvälineet on valittava oikein.

Höyrynsulkumuovin oikeaoppinen asentaminen rakennusvaiheessa ehjänä on välttämättömyys tiiviille rakenteelle. Muovin korjaaminen on työlästä ja siinä joudutaan rikkomaan rakenteita, eikä lopputuloksesta tule yleensä riittävän tiivis, ellei muovia vaihdeta kokonaan.

Kalvomaiset ilmansulut tulee limittää riittävästi ja teipata huolellisesti riittävän tartunta- ja muodonmuutoskyvyn omaavalla teipillä. Liitos kannattaa aina pyrkiä sijoittamaan koolauksen kohdalle. Liitos puristetaan ruuvaamalla kahden jäykän materiaalin väliin. Näin varmistetaan saumassa olevan teipin pitävyys.

Levymäiset ilmansulut liitetään toisiinsa vaahdottamalla polyuretaanivaahdolla tai teippaamalla ne huolellisesti riittävän tartunta- ja muodonmuutoskyvyn omaavalla teipillä. Jotta levymäisen ilmansulun saumat voidaan luotettavasti tiivistää vaahdolla, tulee ilmansulun paksuuden olla vähintään 20 mm.

Jos ilmansulku on suunniteltu asennettavaksi 50 mm:n päähän sisälevytyksestä ja ilmansulun sisäpuolelle tulee lämmöneristettä, voi lämmöneristysten asentaa paikalleen vasta sen jälkeen, kun suurin osa rakennusaikaisesta ylimääräisestä kosteudesta on kuivunut pois rakennuksesta (kuva 4) (Aho, Korpi, 2009).

Ilmansulkuja ei saa kuormittaa, ettei höyrynsulkumuovi ajan kuluessa veny tai etteivät liitoskohdat pääse ratkeamaan. Erityisesti yläpohjan lämmöneristettä toteutettaessa on varottava ilmansulun kuormittamista.

4.3 Valvonta

Työn valvonta ja laadunvarmistus on ilmatiiviitä rakenteita tehtäessä erittäin tärkeää. Ilmavuotokohtien korjaaminen on työlästä ja vaikeaa, joten oikein tehdyt laadunvarmistuspöytäkirjat ja työn aikana otetut valokuvat paljastavat mitä mahdollisia virheitä työn aikana on tehty ja miten ne on korjattu. Näin on helppompaa lähteä etsimään korjattavaa kohtaa, mikäli ilmavuotoja havaitaan.

Parhaan ilmatiiviyden aikaansaamiseksi mahdolliset toteutuksen virheet ja puutteet on poistettava välittömästi ja tehokkaasti. Yhden henkilön tarkastukset eivät välttämättä riitä, vaan tarkastukset kannattaa toteuttaa useamman henkilön näkökulmasta.

Rakennesuunnittelija tutkii rakenteet ja ilmanpitävyyden kannalta keskeiset yksityiskohdat omasta näkökulmastaan ja suunnittelee niille toteuttamiskelpoiset ratkaisut. Rakennesuunnittelija tarkastaa mahdollisuuksien mukaan työnjohtajan kanssa ilmanpitävyyden kannalta kriittisten kohtien toteutuksen ennen kuin ne jäävät piiloon muiden rakenteiden alle (RT 80-10974.)

Rakennesuunnittelija, työnjohtaja ja valvoja käyvät ennen tiivistystyövaiheiden alkamista läpi ilmanpitävyyden kannalta kriittiset kohdat, niiden työmaatoteutuksen ja toteutusjärjestyksen. Samalla tulee varmistettua, että suunnitelmat ovat toteuttamiskelpoisia (RT 80-10974.)

Työnjohtaja opastaa työntekijöitä ennen tärkeiden työvaiheiden suoritusta toteuttamaan liitokset ja yksityiskohdat niin, että niistä tulee luotettavasti ilmatiiviitä. Työnjohtajan on pyrittävä siihen, että samat, työmaan alussa perehdytetyt työntekijät tekevät kaikki rakennuksen ilmatiiviyden kannalta kriittiset kohdat. Kun työntekijä on saanut yksityiskohtaiset ohjeet ja on itse raportointivastuussa työstään, kriittiset kohdat saadaan suuremmalla todennäköisyydellä ilmanpitäviksi.

Työnjohtaja tarkastaa kunkin työvaiheen päättyessä työntekijän oman tarkastuksen jälkeen, että ilmatiiviit rakenteet on toteutettu huolellisesti ja ohjeiden mukaisesti.

4.4 Todentaminen

Rakennuksen ilmatiiviyys todennetaan ilmatiiviyksmittauksella. Ilmatiiviyksmittaus voidaan tehdä rakenteilla olevaan tai valmiiseen rakennukseen.

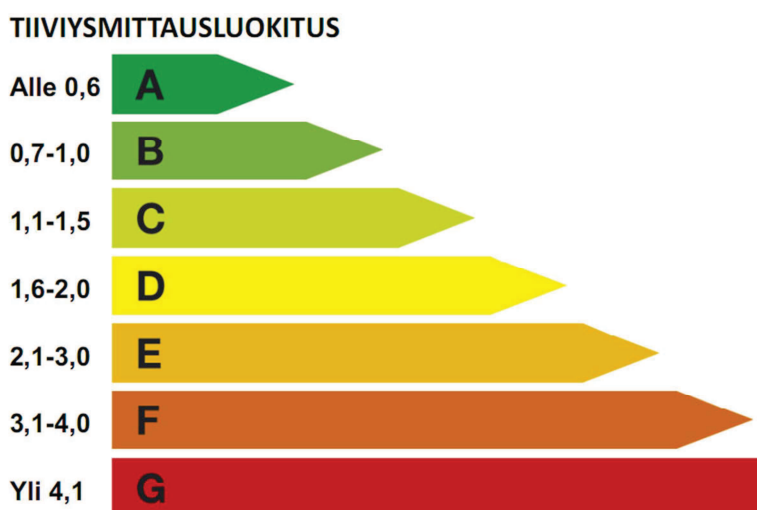
Yleisimmin ilmatiiviyttä mitataan painekokeella. Painekoetta tehdessä rakennuksen ilmanvaihtoventtiilit ja muut vaippaan tarkoituksellisesti tehdyt aukot sul-

jetaan ja tiivistetään esimerkiksi teippaamalla ja vesilukot täytetään vedellä (kuva 10).

Rakennuksen yhteen ovi- tai ikkuna-aukkoon asetetaan puhallin (kuva 11), joka luo mitattavalle rakennukselle tarvittavan paine-eron. Puhallin liitetään mittauslaitteistoon, joka mittaa rakennuksen ilmanvuotoluvun.

Ilmanvuotoluku n_{50} kertoo kuinka monta kertaa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu tunnissa, kun paine-ero on 50 Pa. Mitä pienempi ilmanvuotoluku, sitä tiiviimpi rakennus on.

Rakennuksen tiiviys vaikuttaa suuresti rakennuksen energiatehokkuuteen. Nykyisin rakennuksen energialuokitukset ovat asteikolla A-G. Kuvassa 9 nähdään miten n_{50} -luku vaikuttaa energialuokitukseen.



Kuva 9. Rakennusten ilmanvuotoluvun vaikutus rakennuksen energiatehokkuusluokkaan (Paloniitty, 2009).

Painekokeen avulla ei yksin saada selville missä ilmanvuotokohdat sijaitsevat. Vuotokohdat voidaan selvittää lämpökamerakuvauksen tai merkkisavun avulla. Yleisemmin käytetty lämpökamerakuvaus tehdään usein kaksivaiheisena, normaalitilassa ja 50 Pa:n alipaineessa. Kun vertaillaan näitä kahta kuvaa, erotetaan ilmanvuotokohdat paremmin kylmäsilloista.



Kuva 10. Ennen mittausta on tiivistettävä kaikki rakennuksen ilmanvaihtokanavat, ilmatiiviysmittaus 22.3.2012 As Oy Ragnarinmetsä.



Kuva 11. Ilmatiiviysmittauslaitteistoa, ilmatiiviysmittaus 22.3.2012 As Oy Ragnarinmetsä.

5 ILMATIIVIYDEN MITTAUS ESIMERKKIKOhteissa

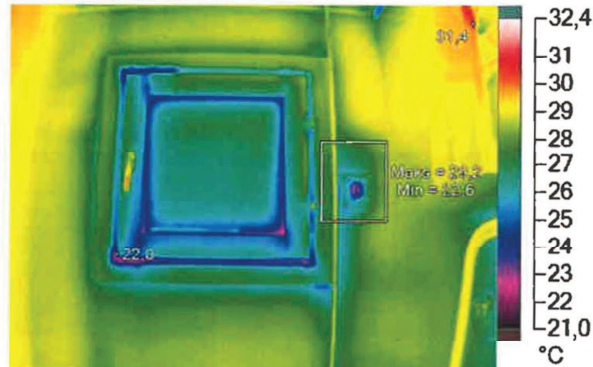
Hartela Oy on tehnyt kohteissaan lämpökamerakuvauksia jo pitkään ja nykyään kohteista tehdään myös ilmatiiviysmittauksia. Esimerkkikohteina on kaksi Hartela Oy:n tekemää rivitaloyhtiötä ja yksi elementtirakenteinen kerrostalokohde. As Oy Orkidea ja As Oy Turun Tavastinvuori ovat ensimmäiset kohteet joissa ilmatiiviysmittaus on tehty. Lämpökamerakuvauksen tuloksista on havaittavissa, että vaikka ilmanpitävyysluku on hyvä, ovat ilmavuodot silti toistensa kaltaisia.

5.1 As Oy Orkidea

Asunto-osakeyhtiö Turun Orkidea on vuonna 2009 valmistunut rivitaloyhtiö. Ilmatiiviysmittaus on tehty yhdestä kaksikerroksisesta asunnosta, joka sijaitsee rakennuksen keskellä. Asunnossa on koneellinen ilmanvaihto lämmön talteenotolla. Alapohjana on maanvarainen laatta ja välipohja on paikalla valettua betonia. Yläpohja on puurakenteinen ja seinät ovat puurunkoiset (pintakäsittely + 13 mm kipsilevy + höyrynsulku + 125 mm puurunko + mineraalivilla + 50 mm tuulensuojamineraalivillalevy + 40 mm ilmarako + 85 mm julkisivumuuraus). Asuntojen väliset seinät ovat 180 mm betonia.

Asunnon ilmatiiviusluvuksi saatiin mittauksella 1,0 1/h ja se vastaa hyvää ilmanpitävyydestä. Rakenteissa esiintyneistä ilmavuodoista suurin osa havaittiin ikkunoiden ja rungon liittymissä sekä ikkunoiden tiivisteissä. Alapohjan ja seinän liittymien kohdilla oli myös muutamia epätiiviyskohtia. Kuvissa 12 ja 13 on kohteen yleisimpiä epätiiviyskohtia.

Kuva 1. Alakerran WC



IR20090112_0343.is2

12.1.2009 10:24:18

Lievä ilmavuoto ikkunan alanurkassa puitteen ja karmin välistä. Samoin myös sähkörasian läpi pieni ilmavuoto.

Kuvan tiedot

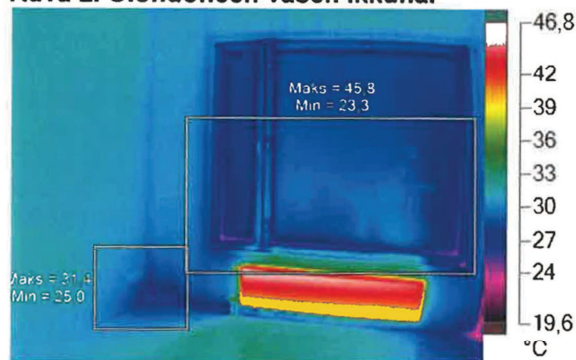
Taustan lämpötila	29,0°C
Emissiokerroin	0,95
Kuvan lämpötila-alue	22,0°C ... 31,4°C
Kuvausajankohta	12.1.2009 10:24:18



Näkyvän valon kuva

Kuva 12. Ikkunan tiivisteiden sekä rungon ja karmin välisen tiivistyksen epätiiviyskohdat, lämpökuvausmittausraportti, As Oy Turun Orkidea.

Kuva 2. Olohuoneen vasen ikkuna.



IR20090112_0344.is2

12.1.2009 10:27:30

Ei havaittavissa puutteita ilmatiivyydessä. Kuvan oikeassa alanurkassa kylmää, koska oviaukossa on puhallin.

Kuvan tiedot

Taustan lämpötila	29,0°C
Emissiokerroin	0,95
Kuvan lämpötila-alue	20,6°C ... 45,8°C
Kuvausajankohta	12.1.2009 10:27:30



Näkyvän valon kuva

Kuva 13. Olohuoneen ikkunan tiivisteiden ja ulkoseinien ja alapohjan välisen liittymän epätiiviyskohdat, Lämpökuvausmittausraportti, As Oy Turun Orkidea.

5.2 As Oy Verkarivi

Asunto-osakeyhtiö Verkarivi on vuonna 2009 valmistunut rivitaloyhtiö. Yhtiö sisältää kahdeksan taloa, joissa on yhteensä 17 huoneistoa. Kuusi rakennusta on 2-kerroksisia rinnetaloja, joissa on myös puolilämmin autotalli ja kaksi rakennusta on 1-kerroksisia. Rinnetalojen ensimmäinen kerros on paikalla valettu betonirunko, jonka ulkopuolella on 150 mm EPS-eristettä. Muilta osin talot ovat puurunkoisia, joissa on 175 mm mineraalivillaa ja höyrynsulkumuovi. Maanvarainen alapohjalaatta on paksuudeltaan 100 mm ja sen alla on 100 mm EPS 100 LAT-TIA -eristettä. Yläpohja on pulpettikattoristikoista, joissa on 400 mm:n paksuinen mineraalivillaeriste. Vesikaton materiaalina on saumattu peltikate. Huoneistojen väliset seinät ovat 180 mm paksuisia betoniseiniä. Kaikissa huoneistoissa on koneellinen ilmanvaihto ja lämmön talteenotto.

Ilmatiiviysmittaus tehtiin kolmen huoneiston osalta. Asunto A2:n ilmatiiviysluku n50 on 1,7 1/h. Asuntojen H16 ja H17 ilmatiiviysluvut ovat 1,5 1/h. Asunnoissa ei tehty lämpökamerakuvausta.

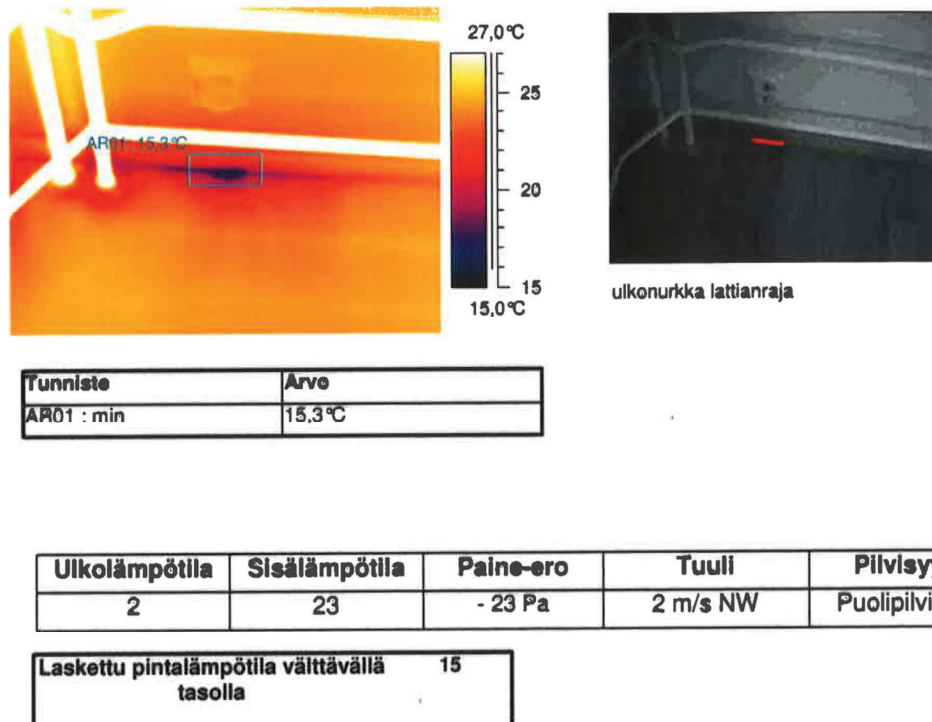
Erityishuomioita kohteesta tehtiin muutamia. Puolilämpimästä autotallista huoneistoon johtavassa ovesa ei ole tiivisteitä lainkaan ja näin kylmää ilmaa pääsee vuotamaan huoneistoihin. Tuulikaapin komerossa lattian läpi tulevien vesijohtojen suojaputkea ei ole tiivistetty kunnolla ja sitä kautta pääsee vuotamaan asuntoon kylmää ilmaa. Myös ulkoseinissä olevien pistorasioiden kohdalla havaittiin ilmavuotoa. Havainnot toistuivat kaikissa mainituissa huoneistoissa.

5.3 As Oy Turun Tavastinvuori

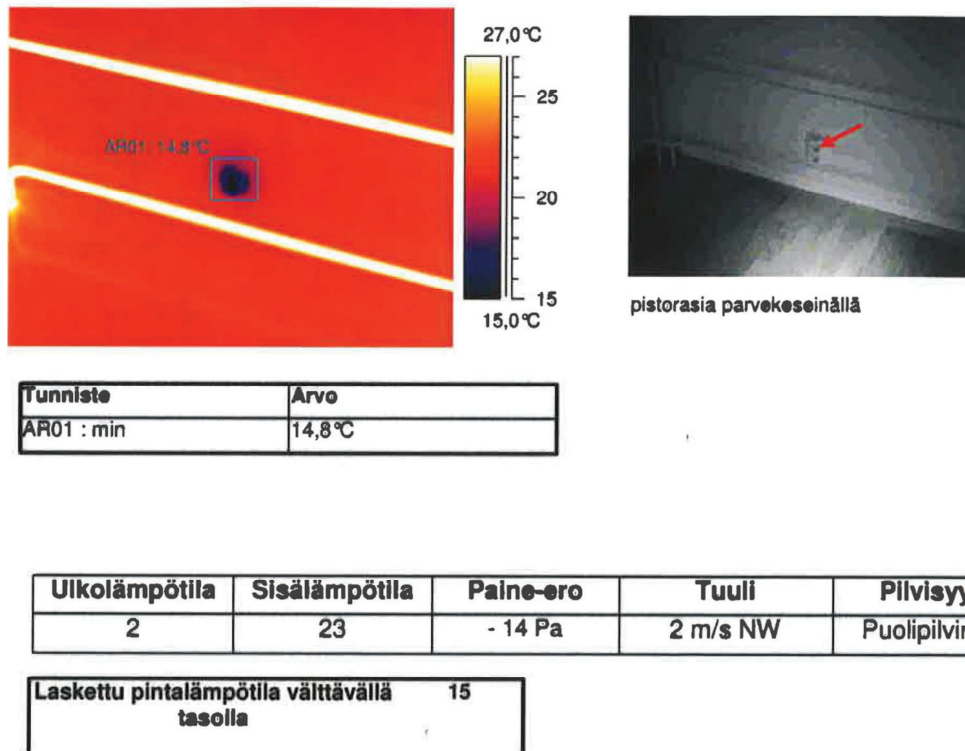
Turun Tavastinvuori on vuonna 2010 valmistunut 7-kerroksinen asuinkerrostalo. Runkotyyppiltään rakennus edustaa kantavat seinät-laatta –järjestelmää, jossa ulkoseinissä on kantavia ja ei kantavia betonisandwich-elementtejä. Rakennuksessa on kauttaaltaan huoneistokohtainen koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmön talteenotolla.

Turun Tavastinvuoren ilmatiiviys on mitattu alipainemittauksella neljän huoneiston osalta. Tuloksen mukaan rakennus on ilmatiiviydeltään korkealuokkainen.

Lämpökuvausraportista selviää rakennuksen ilmanvuotokohtat. Eniten puutteita on isojen ikkunoiden sulkimien puoleisissa alakulmissa ja parvekkeen ovissa. Myös pistorasioiden kohdalla listan takana oli vuotokohtia.



Kuva 14.. Alapohjan ja ulkoseinän välinen epätiiviyskohta, lämpökuvausmittausraportti 16.11.2009, As Oy Turun Tavastinvuori.



Kuva 15. Ulkoseinän pistorasian kohdalla oleva ilmavuoto, lämpökuvausmittausraportti 16.11.2009, As Oy Turun Tavastinvuori.

6 ILMATIIVIYDEN LAADUNVARMISTUS

Rakennusten ilmatiiviydestä on tehty useita tutkimuksia ja silti jatkuvasti uusissa rakennuksissa mitataan tavoitteesta jääviä ilmanvuotolukuja. Ilmatiiviin rakennuksen tekeminen vaatii suunnittelijan, työnjohtajan ja työntekijän yhteistyötä ja avointa informaationkulkua.

Laadunvarmistus on yksi osatekijä pyrittäessä haluttuun rakennuksen tiiviysluokkaan. Kun laadunvarmistusasiakirjat on tehty huolellisesti ja ne on arkistoitu niin että niihin päästään tarvittaessa käsiksi, myöhemmin tehtävä mahdollisten ilmapuotojen etsintä helpottuu huomattavasti.

6.1 Aloituspalaverit

Uuden työvaiheen alussa pidetään aina aloituspalaveri. Aloituspalaverin tarkoituksena on saada kaikille työvaiheeseen liittyville tahoille yksimielinen käsitys siitä mitä ollaan tekemässä, mistä syystä ja miten kyseinen vaihe toteutetaan.

Aloituspalaverissa käydään läpi tehtävän vaatimat työtavat, erityisvaatimukset, laatu ja aikataulu, sekä näiden varmentamismenetelmät. Aloituspalaverissa käytetään laatujärjestelmän mukaisia aloituspalaverilomakkeita, joihin on lisätty valmiiksi toteutusvaiheessa erityisesti huomioitavia kohtia.

Aloituspalaveriin kutsutaan mukaan kaikki työn toteutuksen kannalta tärkeät henkilöt, vastaava mestari, työnjohtaja, työntekijät ja aliurakoissa mahdolliset aliurakoitsijoiden työnjohtajat.

6.2 Työohjekortit

Liitteissä esitetyt työohjekortit käydään läpi työntekijän kanssa ennen kyseisen työvaiheen aloittamista, mielellään aloituspalaverin yhteydessä. Kortissa on esitetty ohjeet mihin asioihin rakenteiden liittymien ja läpivientien toteutuksessa on

kiinnitettävä erityistä huomiota ilmatiiviynen kannalta. Ohjeiden läpikäyntiin käytetty aika on kaikki edistystä ilmatiiviin rakenteen toteutumiselle.

Työohjekortit on tehty ilmatiiviynen kannalta kriittisten rakenteiden toteutuksesta. Rakenteiden liittymät rakennuksen eri kohdissa, sekä putki- ja hormiläpiviennit on kaikki esitetty omassa työohjekortissaan. Liitteessä 1 on listattu kriittiset kohdat joiden suunnittelussa ja toteutuksessa on havaittu ongelmia ja näistä kaikista on tehty oma työohjekortti.

Ohjekortti rakentuu kuvasta ja helposti luettavissa olevista työohjeista. Liitteissä olevat kuvat on tarkoitettu suunnittelun ohjeiksi. Työmaalla korttiin liitetään kyseiselle työmaalle tarkoitettu detaljikuva. Kortti on tarkoitettu luovuttaa työntekijälle, kyseisen työvaiheen toteutuksen ohjeeksi. Ohjekortin avulla on helppo tarkastaa työn toteutuksen tulos ja siihen on hyvä merkitä mahdolliset havaitut puutteet. Kortin voi liittää tarkastusasiakirjojen yhteyteen.

6.3 Tarkastustoimenpiteet

Rakennuksen tiivistyksen tarkastuksessa on kiinnitettävä erityistä huomiota kohtiin, joissa yleisimmät virheet tehdään. Liitteessä 18 on listattu kohdat, jotka työnjohtajan on tarkastettava välittömästi työn valmistuttua ennen kuin rakenteet mahdollisesti jäävät piiloon. Valokuvien ottaminen varsinkin piiloon jäävien rakenteiden osalta on erittäin tärkeää. Liitteessä on ohjeistettu myös valokuvien ottamisesta.

7 YHTEENVETO

Ilmatiiviyden vaikutuksia on tutkittu paljon ja niiden pääasialliset syyt tiedetään. Silti samankaltaiset virheet toistuvat rakentajasta riippumatta kohteesta toiseen. Materiaaleja on kehitetty kauan ja ne kestävät hyvinkin pitkään. Teippien liimat eivät kuitenkaan ole ikuisia, joten jo suunnittelussa pitää ottaa huomioon, miten kriittiset kohdat toteutetaan oikeaoppisesti. Nyt ilmavuodot johtuvat huolimattomuus- ja toteutusvirheiden lisäksi huonosti suunnitelluista tiiviyden kannalta kriittisistä kohdista.

Ilmavuotokohtien esiintymisen syynä on suunnittelun, toteutuksen ja valvonnan puutteellisuus. Kaikkien kolmen on toimittava, jotta saadaan aikaan ilmatiivis rakenne. Suomessa tiedonkulku tuntuu aina olevan hankalaa. Yrityksestä tai yhteisöstä riippumatta ongelmien sanotaan aina johtuvan tiedonkulun puutteesta. Kommunikointi suunnittelijalta työmaalle ja päinvastoin on tärkeää, sillä kaikkien osapuolten on oltava tietoisia mahdollisista muutoksista ja epäkohdista riittävän ajoissa, että niihin pystytään puuttumaan oikealla tavalla.

Kun yhteistyö toimii, päästään hyvin suunniteltuihin ja toteuttamiskelpoisiin ratkaisuihin, jotka tehdään ammattitaidolla ja lopputuloksen oikeellisuutta ajatellen. Näin pystytään rakentamaan toimivia ja ilmatiiviitä rakennuksia, jotka kestävät koko rakennuksen laskennallisen käyttöiän.

Työohjekorttien laadinnassa oli suuri apu Tampereen Teknillisen Yliopiston julkaisusta, Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksessa. Julkaisun tarkoituksena on antaa suunnittelumalleja ja ohjeita yleisimmille virhekohtille ja tässä työssä ohjeista on tehty Hartela Oy:n tarpeisiin sopivat.

LÄHTEET

Aho Hanna & Korpi Minna, TTY 2009, Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa

EPS-rakennusteollisuus 2012 [viitattu 27.3.2012] <http://www.eps-eriste.fi/>

Ilmatiiviysmittausraportti 18.11.2010, Turun Tavastinvuori, Turun Ammattikorkeakoulu

Ilmavuotoluvun mittaus ja lämpökuvaus 15.1.2009, Asunto Oy Professorinranta, Hämeen Rakennustutkimus Oy

Ilmavuotoluvun mittaus ja lämpökuvaus 15.1.2009, Asunto Oy Turun Orkidea, Hämeen Rakennustutkimus Oy

Isover 2012 [viitattu 23.3.2012] www.isover.fi

Kettunen Ari-Veikko, 2011, Vahanen Oy, Rakennusten sisäilmaongelmien ja kosteusvaurioiden korjaaminen.

Kosteus- ja hometalkoot 2012 [viitattu 15.4.2012] www.hometalkoot.fi

Puutalon Ikkuna- ja ulko-oviliittymät, RT 82-10605, 1996

Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet, RakMK D3 2.3.1

Rakennusten energiatehokkuus – Suurten rakennusten tiiviiden mittaaminen, Sauli Paloniitty, HAMK, 2009

Romppainen Ilkka, Rakennustieto 2011, Lämmin puutalo - Ohjeet ilmanpitävään ja energiaa säästävään rakentamiseen,

Säteilyturvakeskus 2012 [viitattu 23.3.2012] www.stuk.fi

Sisäilmayhdistys 2012 [viitattu 27.3.2012] www.sisailmayhdistys.fi

Teollisesti valmistettujen asuinrakennusten ilmanpitävyyden laadunvarmistusohje, RT 80-10974, LVI 01-10450, 2009

Tiivistalo 2012 [viitattu 29.3.2012] www.tiivistalo.fi

Vinha Juha, 2009 Rakennustekniikan laitos, Tiiviin rakentamisen ohjeet.

Vinha, J.; Korpi, M.; Kalamees, T.; Jokisalo, J.; Eskola, L.; Palonen, J.; Kurnitski, J.; Aho, H.; Salminen, M.; Salminen, K. ja Keto, M. 2009. Tutkimusraportti 140. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos. Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous.

Ympäristö.fi 2012 [viitattu 29.3.2012] www.ymparisto.fi

 HARTELA RAKENNUKSEN TIIVISTYS OHJE / ERITYISVALVOTTAVAT RAKENNUSOSAT	Lomake	3577 00A0
	Versio	3
	Pvm	23.3.2012
	Laatija	MHe
	Hyväksytty	ESj

ERITYISTÄ HUOLELLISUUTTA VAATIVAT KOHDAT

Puurunkoisten pientalojen lämpökamerakuvauksessa ilmavuotokohtia:

1. Puurungon/puuelementin ja betonirungon liittymät
 - Tilkitään huolellisesti polyuretaanivaahdolla ja tiivistetään kitillä liittymät seinään kattoon ja alapohjaan. (timpuri)
2. Puu-ulkoseinän sähköasiat
 - Asennetaan höyrynsulku riittävän syvälle seinärakenteeseen. Sisäpuolelle saa jäädä kuitenkin enintään ¼ lämmöneristeestä.
 - Höyrysulun pitää olla tiivis myös sähkörasian kohdalla. Varmistetaan ettei höyrynsulku rikkoudu rasian takaa.
 - Rasian ja levyn sauma tiivistetään akustolla (timpuri)
 - Rasian kiinnityksessä on käytettävä oikean mittaisia ruuveja. Liian pitkät ruuvit rikkovat höyrynsulun. Sähköputket tiivistetään johdotuksen jälkeen. (sähköasentaja)
3. Ikkunan ja rungon liittymä
 - Ennen ikkunan asennusta seinän höyrynsulkumuovi leikataan 2cm pienemmäksi kuin ikkuna-aukko. Höyrynsulku taitetaan ikkuna-aukkoon ja kiinnitetään nitojalla.
 - Seuraavaksi asennetaan ikkuna ja tilkitään väli huolellisesti polyuretaanivaahdolla. Varmistetaan erityisesti alakulmat, ettei tule vetoa oleskelualueelle. Pullon asentoa vaihdettaessa vaahdotus katkeaa, jatketaan vaahdotusta painamalla putki valmiin vaahdotuksen sisään, jottei vaahdotukseen synny reikiä.(ikkuna-asentaja)
 - Polyuretaanivaahdon kuivumisen jälkeen höyrynsulkumuovin ja ikkunan karmin väli kitataan ilmatiiviiksi elastisella massalla.
4. Rivitaloissa asuntojen välisten betoniseinien sähköklossit seinän yläpäässä.
 - Varmistetaan ettei yläpohjan koolauspuun ja betoniseinän välissä muodostu ilmavuotoa klossin kohdalla. Tilkitään polyuretaanivaahdolla tai laastilla. Timpuri tarkistaa yläpohjan levytyksen yhteydessä, että kolot on tilkitty.
5. Ulko-oven kynnykset
 - Varmistetaan, että kynnyksen alapuolelle jää riittävä tilkevara. (asentaja)
6. Ovien säätö
 - Parveke- ja ulko-ovet säädetään siten, että oven tiiviste puristuu tasaisesti oven joka puolella. (asentaja)

7. Ikkunoiden säätö

- Tarkistetaan ja säädetään tuuletusikkunan kytkentätapin pituus sopivaksi. (asentaja)

8. Höyrysulun läpiviennit

- Tiivistetään höyrysulun läpiviennit (sähköputket, tartuntateräksiset, yms.) teippaamalla ja kitataan levyn ja läpiviennin sauma maalattavissa olevalla kitillä. (timpuri)
- Visux-ilmansulku läpivientejä käytettäessä on kattoverhouksen ja asennuslaipan väliin asetettava 50mm villakaistale, millä estetään laipan mahdollinen irtoaminen
- Höyrynsulku tulee leikata putken ympäriltä siististi, ettei laipan ja putken väliin jää ylimääräisiä muovikaistaleita, jotka aiheuttavat vuotokohtia.
- On varmistettava ettei höyrynsulku jää teippauksen tai ilmansulkulaipan alta ryppyyn.

9. Takan piippu

- Tarkistetaan yläpohjan höyrysulun ja vesikaton aluskatteen asennus ja tiiviys ennen puhallusvillan asennusta. (vastaava mestari)
- Metallirunkoisia elementtipiippuja asennettaessa tulee käyttää piipun valmistajan tekemää höyrynsulun läpivientilaippaa valmistajan ohjeiden mukaisesti.
- Muurattavia piippuja käytettäessä tulee höyrynsulkumuovi tiivistää piipun kylkeen erillistä rakennetta käyttäen tai tiivistämällä muovi muurauksen väliin.



TYÖOHJEKORTTI

MAANVASTAISEN BETONILAATAN JA PUURANKASEINÄN VÄLINEN LIITOS, SEINÄ ENNEN LAATAN VALUA

Lomake

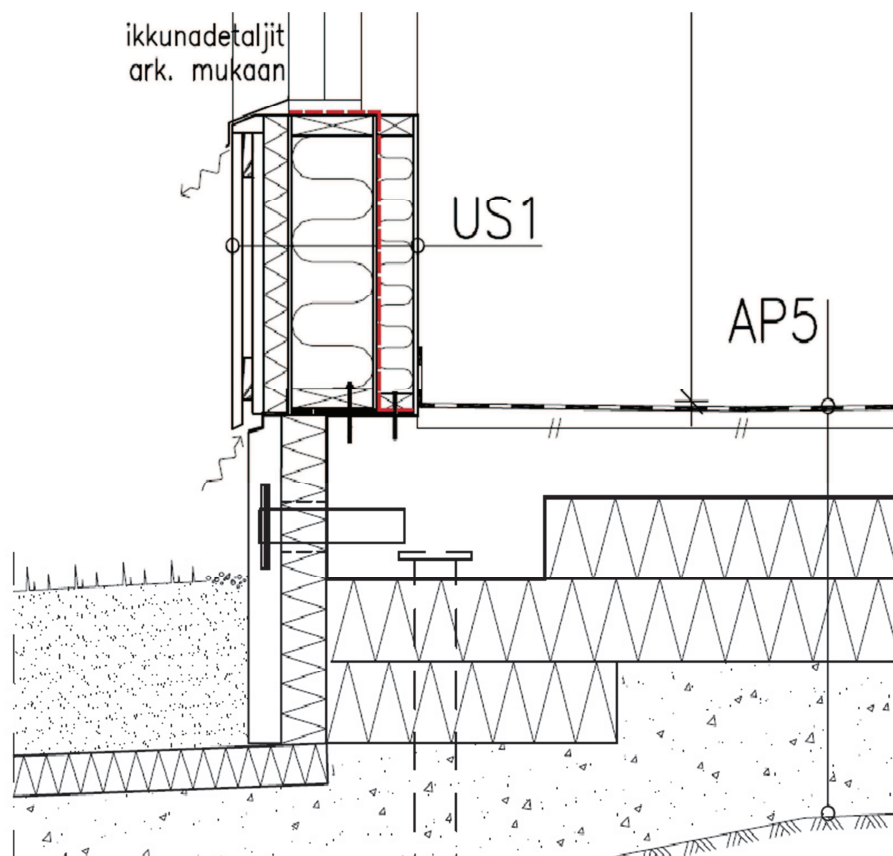
Versio 1

Pvm 23.3.2012

Laatija MHe

Hyväksytty ESj

Kohteet, joissa seinärakenne tehdään ennen laatan valua. Lattiat valetaan seinää vasten.



Toteutusohjeet

- kumibitumikermikaista tuodaan suorana seinän alajuoksupuun alta betonilaatan alle (2)
- seinän ilmansulkukalvo taitetaan kermikaistan päälle. Yläpuolisten rakenteiden paino tiivistää liitoksen, kun taitoksen leveys on riittävä.
- Laatan valua varten seinän ilmansulkukerrosta vasten asennetaan kapea, vähintään laatan paksuinen muovieristelevykaista (1)
- seinän ilmansulun sisäpuoleinen koolaus aloitetaan muovieristelevukaistan yläpuolelta
- seinässä ilmansulun sisäpuolinen lämmöneriste asennetaan vasta, kun rakennusaikainen kosteus on kuivunut riittävästi
- Laatan vähäisestä painumisesta ei ole haittaa liitoksen ilmanpitävyydelle, kun käytetään joustavia kumibitumikermejä.



HARTELA

TYÖOHJEKORTTI

MAANVASTAISEN BETONILAATAN JA PUURANKASEINÄN VÄLINEN LIITOS, SEINÄ LAATAN VALUN JÄLKEEN

Lomake

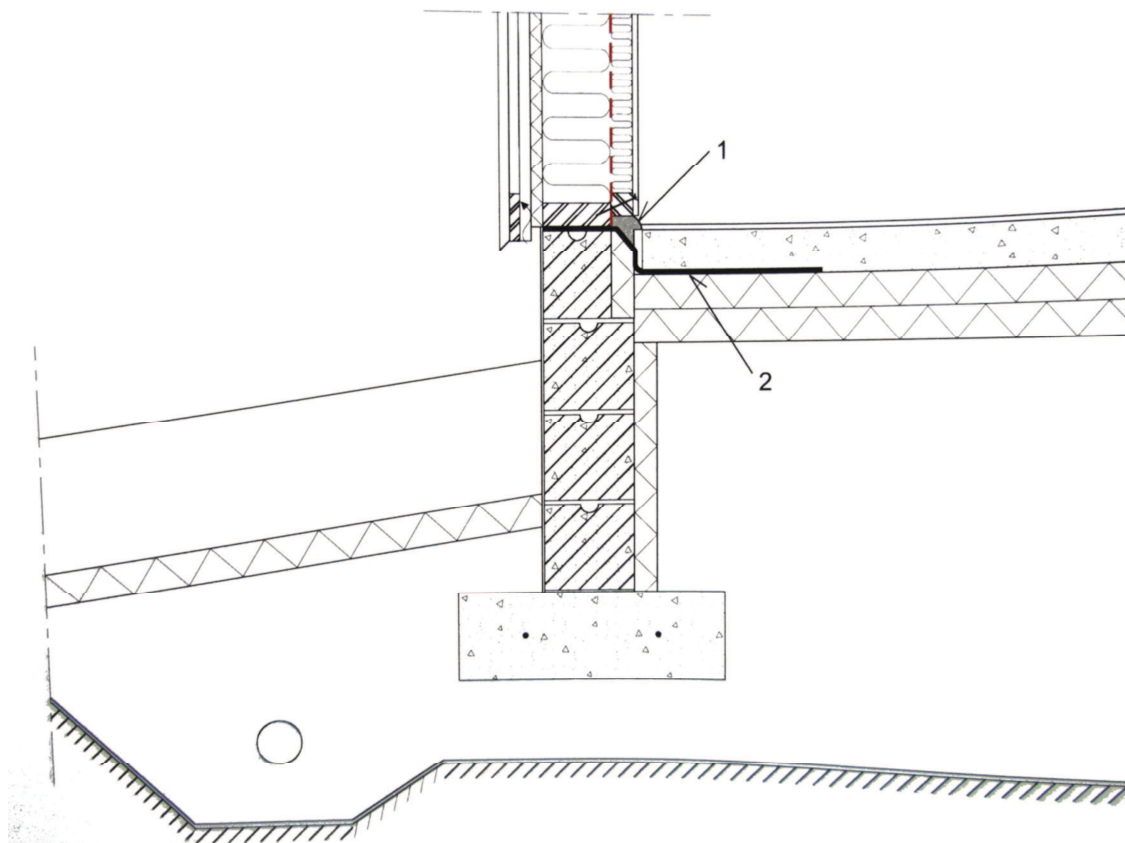
Versio 1

Pvm 23.3.2012

Laatija MHe

Hyväksytty ESj

Kohteet, joissa lattiavalu tehdään ennen seinän pystytystä.



Toteutusohjeet

- Kumibitumikermikaista (2) taitetaan seinän alajuoksupuun alta betonilaatan alle.
- Sokkelin sisäpuolinen lämmöneriste viistetään päästä, ettei kermin nurkkaa rikota työn aikana.
- Ilmansulkukalvon sisäpuolista pystykoolausta nostetaan hieman seinän alareunasta ja seinän ilmansulkukalvo tiivistetään ruuvaamalla sisäverhouslevyn alareunan kiinnityspuun ja seinän alajuoksupuun väliin.
- Sisäverhouslevyn alareunan kiinnityspuun, kermin ja lattialaatan väliin jäävä rako täytetään polyuretaanivaahdolla (1). Vaahdotus estää ilmavuodot seinän alajuoksupuun ja kermikaistan välistä.
- Seinässä ilmansulun sisäpuolinen lämmöneriste asennetaan vasta, kun rakennusaikainen kosteus on kuivunut riittävästi


TYÖOHJEKORTTI
**TUULETTUVAN KIVIRAKENTEISEN ALAPOJHAN JA
PUURANKASEINÄN VÄLINEN LIITOS**

Lomake

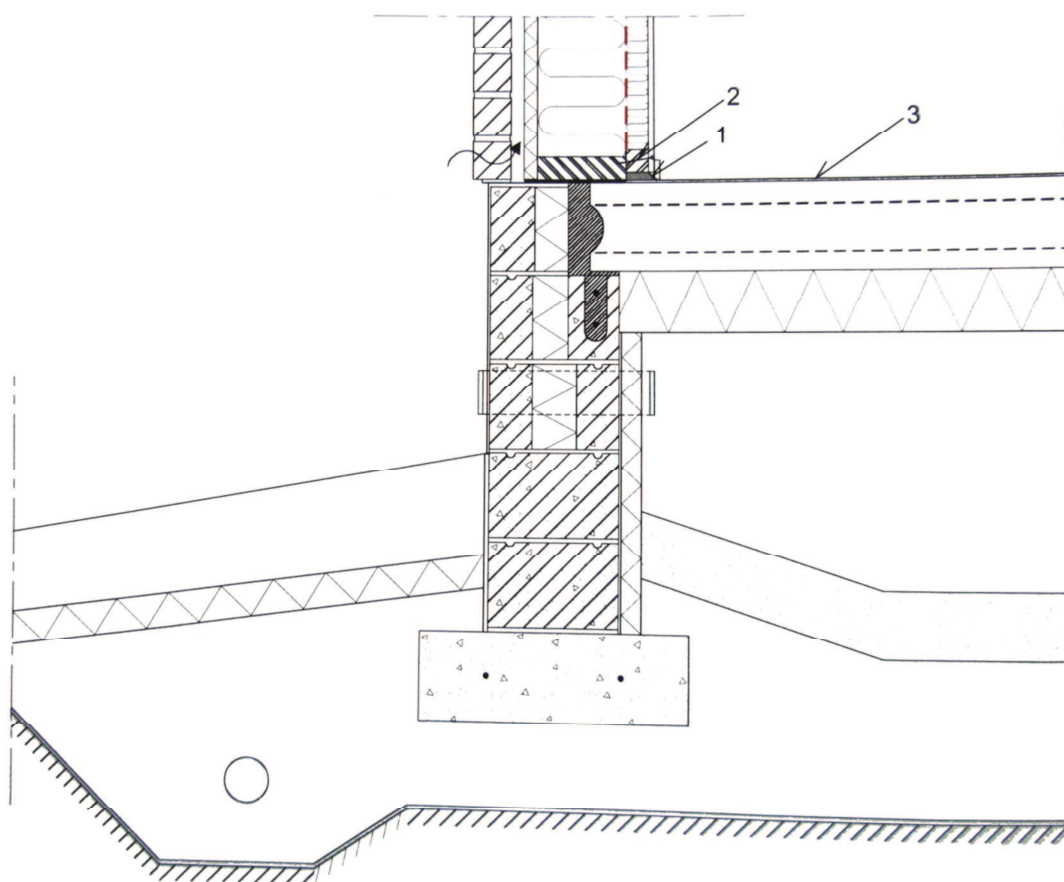
Versio 1

Pvm 23.3.2012

Laatija MHe

Hyväksytty ESj

Ryömintätilainen alapohja, jonka kantavana rakenteena on ontelolaatta


Toteutusohjeet

- Seinän alla oleva kumibitumikermi varmistaa päätysauman ilmanpitävyyden, vaikka päätysaumassa esiintyisi pientä halkeilua.
- Betonirakenteen ja sokkeliharkon välisten vaakasaumojen juotosvalut on tehtävä huolellisesti.
- Elementtien liitokset tiivistetään pinnan tasoitekerroksella (3).
- Seinän ilmansulkukalvo tiivistetään sisäverhouslevyn alareunan kiinnityspuun ja seinän alajuoksupuun väliin (2)
- Seinän alaosan ja laatan väli tiivistetään polyuretaanivaahdotuksella (1)
- Laatan alapuolisen lämmöneristeen saumat tulee vaahdottaa eristekerroksen saumojen vuotamisen estämiseksi.



HARTELA

TYÖOHJEKORTTI

PUURAKENTEISEN YLÄPOHJAN JA KIVIRAKENTEISEN ULKOSEINÄN LIITOS

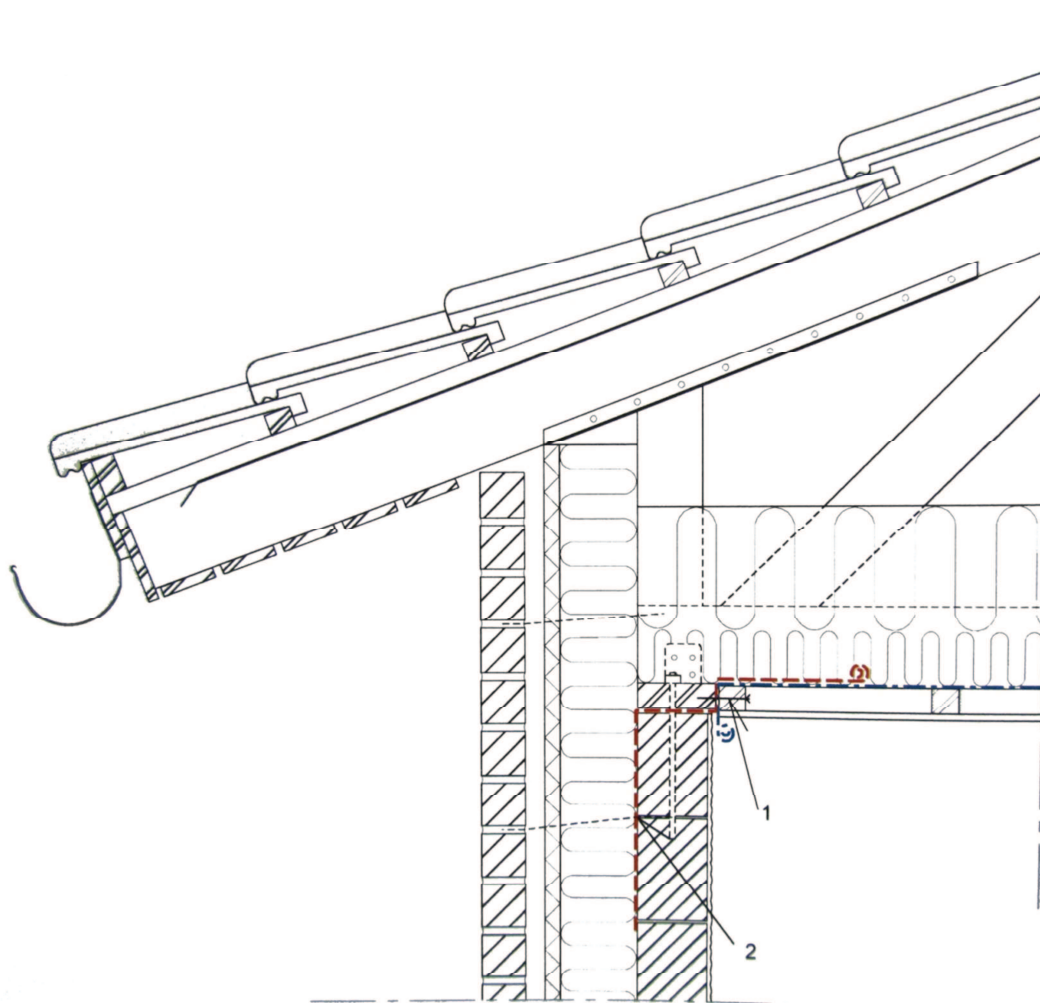
Lomake

Versio 1

Pvm 23.3.2012

Laatija MHe

Hyväksytty ESj

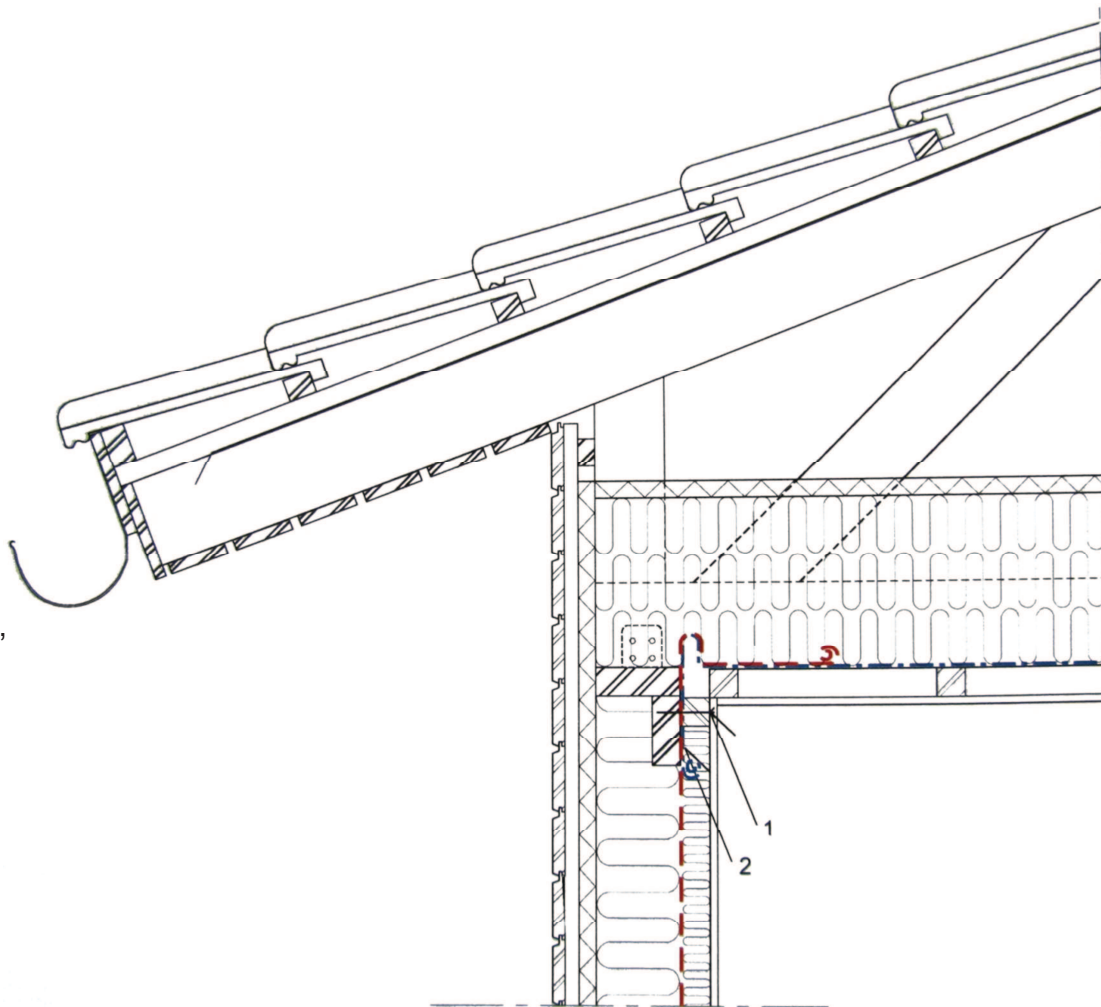


Toteutusohjeet

- Harkkoseinän päälle asetetaan höyrynsulkumuovikaista, joka käännetään yläpohjan ilmansulun kanssa limittäin. Kaistan tulee ulottua seinää alaspäin vähintään 500 mm matkan (2).
- Liitos puristetaan tiiviiksi alaslaskun kohdalta riittävän tiheällä ruuvikiinnityksellä (1).
- Nurkissa ilmansulkukalvot laskostetaan, limitetään ja teipataan yhteen

 HARTELA TYÖOHJEKORTTI PUURAKENTEISEN YLÄPOHJAN JA PUURAKENTEISEN ULKOSEINÄN LIITOS	Lomake	Versio	1
	Pvm	23.3.2012	Laatija
	Hyväksytty	ESj	

Puurunkoiset pientalot, joiden yläpohjan ja ulkoseinän ilmansulkuina käytetään kalvoja.



Toteutusohjeet

- ilmansulkukalvojen limityksen tulee olla riittävän pitkä (2)
- Yläpohjan ilmansulkukalvo tuodaan ulkoseinän ilmansulkukalvon kanssa limittäin vähintään sisäverhouslevyn yläreunan kiinnitysriman alapuolelle, liitos puristetaan tiiviiksi, tiheä ruuvikiinnitys k300 (1).
- seinän ilmansulkukalvo viedään yläpohjan ilmansulkukalvon päälle lämmöneristeen alle
- rakennuksen nurkissa ilmansulkukalvot laskostetaan, limitetään ja teipataan yhteen



HARTELA

TYÖOHJEKORTTI

**PUURAKENTEISEN VÄLIPOHJAN JA PUURAKENTEISEN
ULKOSEINÄN LIITOS**

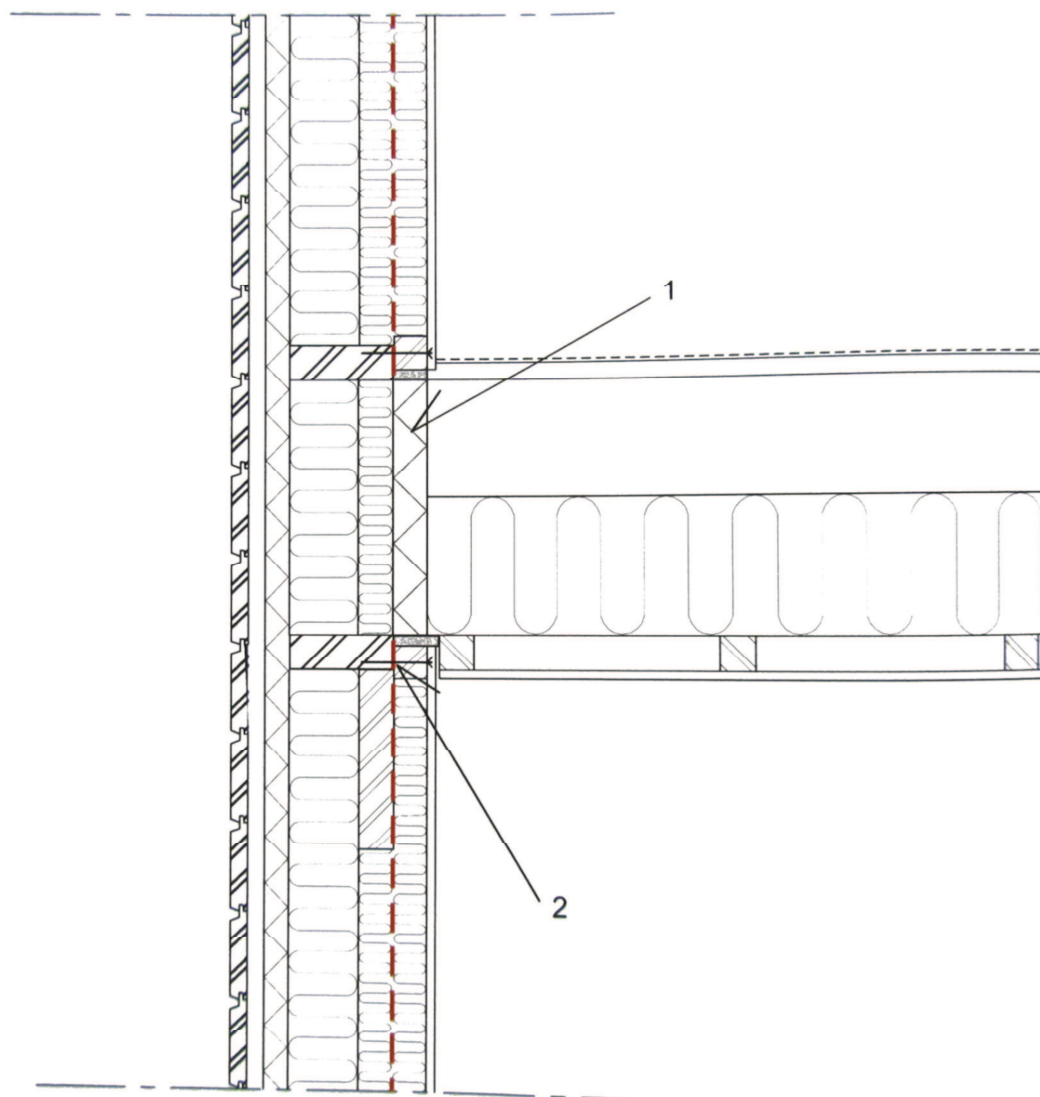
Lomake

Versio 1

Pvm 23.3.2012

Laatija MHe

Hyväksytty ESj



Toteutusohjeet

- Seinän ilmansulkukalvo puristetaan alemmassa kerroksessa sisäverhouslevyn yläkiinnitysrimalla tiiviiksi seinän yläohjauspuuhun, tiheä ruuvikiinnitys k300. Ylemmässä kerroksessa tehdään vastaava tiivistys seinän alaohjauspuuhun.
- välipohjan kohdalle, palkkien väliin tiivistetään vaahdottamalla solumuovieristyslevyt. Vaahdotus tehdään levyn jokaiselta reunalta palkkeihin ja seinän alaosan riman väliin.



HARTELA

TYÖOHJEKORTTI

OVEN TIIVISTÄMINEN SEINÄRAKENTEeseen

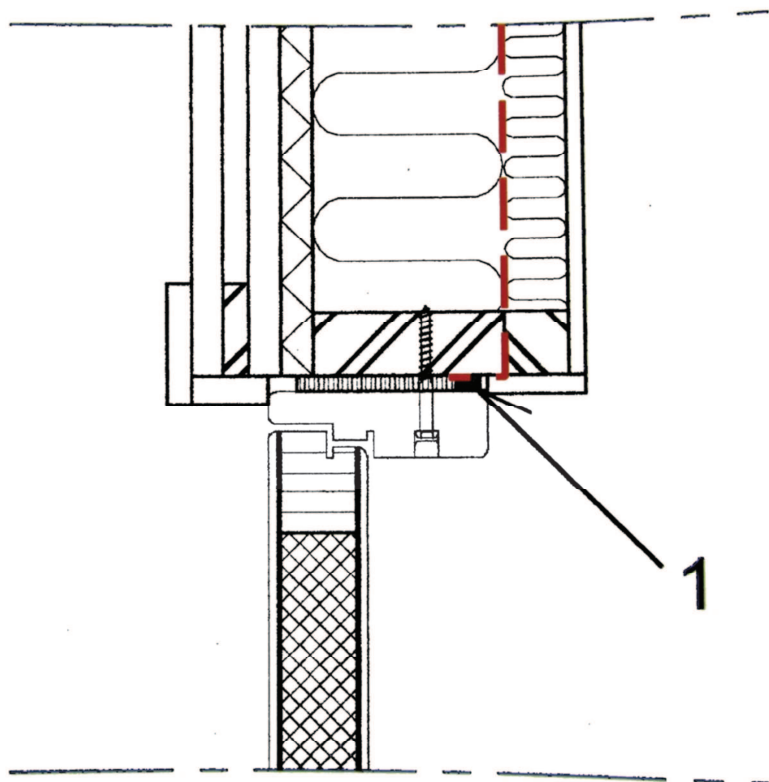
Lomake

Versio 1

Pvm 23.3.2012

Laatija MHe

Hyväksytty ESj



Toteutusohjeet

- Ennen oven asennusta seinän höyrynsulkumuovi leikataan 2cm pienemmäksi kuin oviaukko. Höyrynsulku taitetaan oviaukkoon ja kiinnitetään nitomalla
- Karmin ja seinän väli tiivistetään mineraalivillakaistalla. Ilmanpitävyys toteutetaan elastisella kittauksella sisäpinnassa (1). Höyrynsulkumuovin pää jää elastisen kittauksen alle.



TYÖOHJEKORTTI

IKKUNAN TIIVISTÄMINEN SEINÄRAKENTEeseen

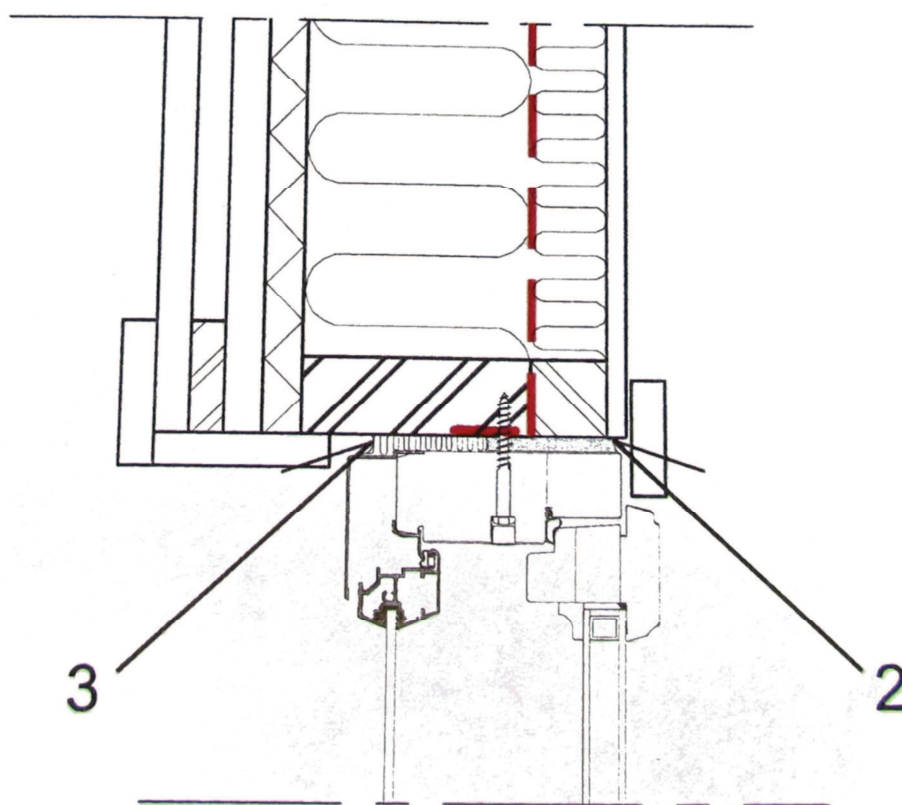
Lomake

Versio 1

Pvm 23.3.2012

Laatija MHe

Hyväksytty ESj



Toteutusohjeet

- Ennen ikkunan asennusta seinän höyrynsulkumuovi leikataan 2cm pienemmäksi kuin ikkuna-aukko. Höyrynsulku taitetaan ikkuna-aukkoon ja kiinnitetään nitojalla
- Ikkunan karmi tiivistetään runkoon polyuretaanivaahdolla (2). Pullon asentoa vaihdettaessa vaahdotus katkeaa, jatketaan vaahdotusta painamalla putki valmiin vaahdotuksen sisään, ettei vaahdotukseen synny reikiä.
- Vaahdolla ei täytetä koko väliä, vaan ulkoreunaan tulee jättää tuuletusrako. Karmin ulkoreunassa osa tiivistetilasta voidaan täyttää myös mineraalivillakaistalla (3).
- Polyuretaanivaahdon kuivumisen jälkeen höyrynsulkumuovin ja ikkunan karmin väli kitataan ilmatiiviiksi elastisella massalla.



TYÖOHJEKORTTI

LÄPIVIENTIEN TIIVISTÄMINEN, PUTKILÄPIVIENNIT

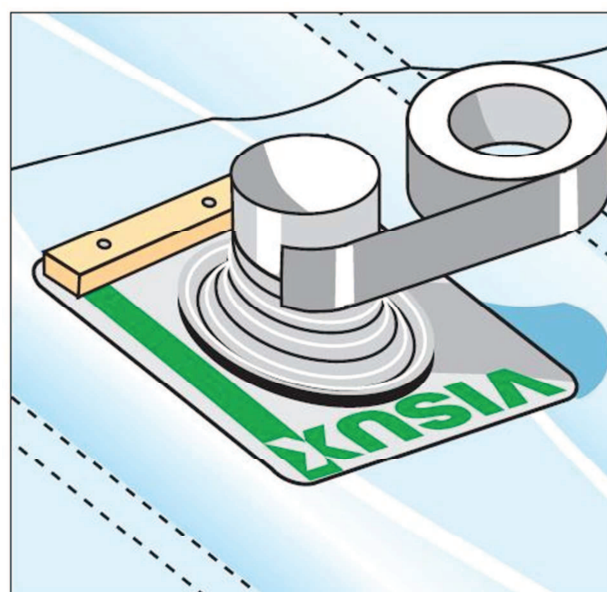
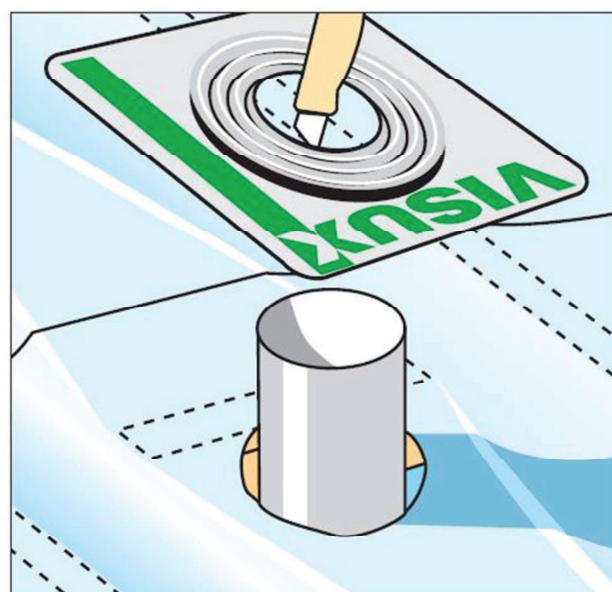
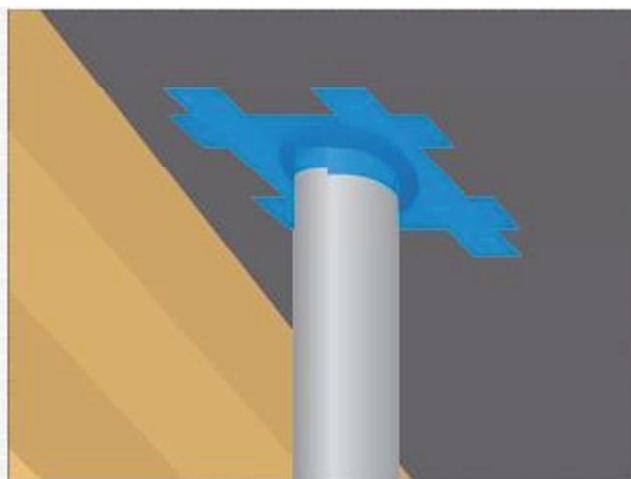
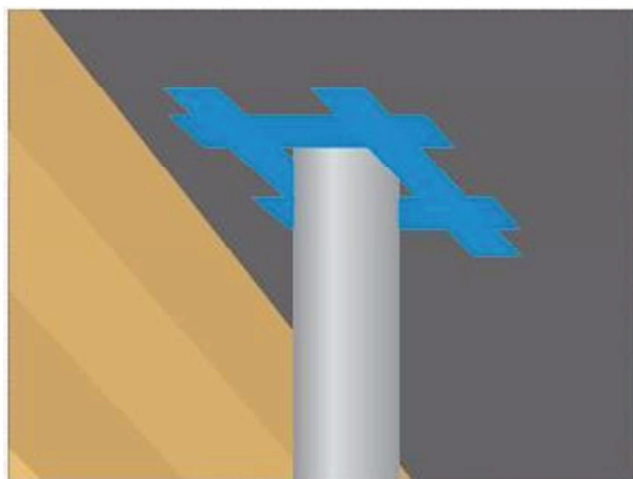
Lomake

Versio 1

Pvm 23.3.2012

Laatija MHe

Hyväksytty ESj

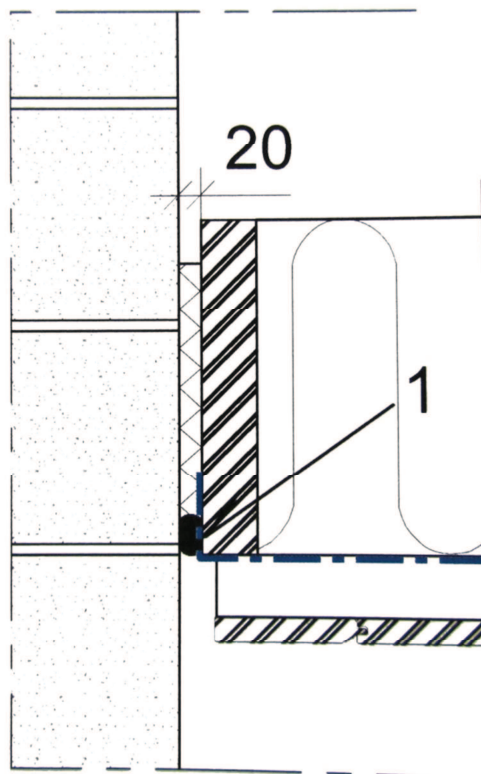


Toteutusohjeet

- Tiivistetään höyrynsulun läpiviennit teippaamalla ja kitataan levyn ja läpiviennin sauma maalattavissa olevalla kitillä
- Höyrynsulku tulee leikata putken ympäriltä siististi, ettei laipan ja putken väliin jää ylimääräisiä muovikaistaleita, jotka aiheuttavat vuotokohtia.
- On varmistettava ettei höyrynsulku jää teippauksen tai ilmansulkulaipan alta ryppyyn.
- Visux-ilmansulku läpivientejä käytettäessä yläpohjassa on kattolevyn ja asennuslaipan väliin asetettava 50mm villakaistale, koska laipan liima ei ole ikuinen.

 HARTELA TYÖOHJEKORTTI LÄPIVIENTIEN TIIVISTÄMINEN, HORMILÄPIVIENNIT	Lomake
	Versio 1
	Pvm 23.3.2012
	Laatija MHe
	Hyväksytty ESj

Paikalla muurattavan tiilirakenteisen savuhormin läpivienti puuyläpohjasta



Toteutusohjeet

- yläpohjan ilmansulku käännetään kattokannattajan sivulta ylös
- hormin ja kattokannattajan väliin jäävä rako täytetään palamattomalla mineraalivillalla ja tiivistetään elastisella saumausmassalla (1)
- Metallirunkoisia elementtipiippuja asennettaessa tulee käyttää piipun valmistajan tekemää höyrynsulun läpivientilaippaa valmistajan ohjeiden mukaisesti.



TYÖOHJEKORTTI

PUU-ULKOSEINÄN SÄHKÖRASIAT

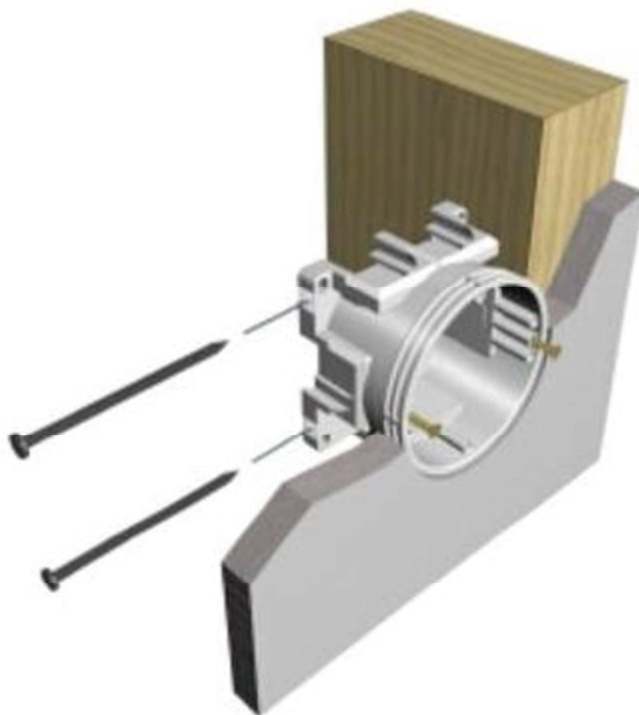
Lomake

Versio 1

Pvm 23.3.2012

Laatija MHe

Hyväksytty ESj



Toteutusohjeet

- Asennetaan höyrynsulku riittävän syvälle seinärakenteeseen. Sisäpuolelle saa jäädä kuitenkin enintään $\frac{1}{4}$ lämmöneristeestä.
- Höyrynsulun pitää olla tiivis myös sähkörasian kohdalla. Varmistetaan ettei höyrynsulku rikkoudu rasian takaa.
- Mikäli mahdollista, pyritään rasia asentamaan koolauksen kylkeen ruuvaamalla (kuva), etteivät ruuvit riko höyrynsulkua
- Rasian kiinnityksessä on käytettävä oikean mittaisia ruuveja. Liian pitkät ruuvit rikkovat höyrynsulun. Sähköputket tiivistetään johdotuksen jälkeen (sähköasentaja)

 HARTELA RAKENNUKSEN TIIVISTYS ALOITUSPALAVERI	Lomake	3577 00A1
	Versio	5
	Pvm	23.3.2012
	Laatija	MHe
	Hyväksytty	ESj

Työn sisältö			
Työnumero		Päivämäärä	
Työmaa			
Läsnä			

KÄYTETTÄVÄT MATERIAALIT JA TYÖOHJEET (käydään läpi työohjekortit):

Ikkunat:
Lattian ja ulkoseinän tiivistys:
Ulkoseinän ja yläpohjan levytyksen tiivistys:
Ulkoseinällä sijaitsevat sähköasiat ja putket:
Yläpohjan höyrysulun läpiviennit:
Huoneistojen välisen betoniseinän sähköklossien tiivistys:
Muut ohjeet:

Laadunvarmistus:	
Mallit:	
Tarkastukset:	
Dokumentit:	
Vastaanotto:	
Aikataulu:	
Alkaa:	
Välitavoitteet:	
Valmis:	
TYÖTURVALLISUUS:	
– Tikkailla kuljettaessa ei käsissä saa kuljettaa mitään tavaroita!	
Perehdytys:	
Henkilökohtaiset suojaimet:	
Käyttöturvallisuustiedotteet:	
Telineet:	
Siivous ja jätteiden lajittelu:	
Muut turvallisuusasiat:	
MUUT SOPIMUSASIAT:	
Pvm:	
Kuittaus:	

**HARTELA****IKKUNOIDEN TIIVISTYS (rungon ja karmin väli)****ALOITUSPALAVERI**

Lomake 3577 00A2

Versio 5

Pvm 23.3.2012

Laatija MHe

Hyväksytty ESj

Työnumero		Päivämäärä	
Työmaa			
Läsnä			

KÄYTETTÄVÄT MATERIAALIT:

Tilke:

Kitti:

Muut Materiaalit:

TYÖOHJEET (käydään läpi työohjekortti ikkunan tiivistämisestä):

- Kiinnitetään erityistä huomiota ikkunan alakulmien ja –reunan tiivistykseen, jottei synny vetoa oleskelualueelle.
- Pullon asentoa vaihdettaessa vaahdotus katkeaa, jatketaan vaahdotusta painamalla putki valmiin vaahdotuksen sisään, jottei vaahdotukseen synny silmällä erottamattomia reikiä.

LAADUNVARMISTUS:

Mallit:

Tarkastukset:

Dokumentit:

Vastaanotto:

AIKTAULU:

Alkaa:

Välitavoitteet:

Valmis:

TYÖTURVALLISUUS:	
Perehdytys:	
Henkilökohtaiset suojaimet:	
Käyttöturvallisuustiedotteet:	
Siivous ja jätteiden lajittelu:	
Telineet:	
Siivous ja jätteiden lajittelu:	
Työmaaajärjestelyt:	
Muut turvallisuusasiat:	
MUUT SOPIMUSASIAT:	
Pvm	
Kuittaus	



HARTELA

ULKOSEINIEN JA YLÄPOHJAN LEVYTYKSEN TIIVISTYS

ALOITUSPALAVERI

Lomake 3577 00A3

Versio 5

Pvm 23.3.2012

Laatija MHe

Hyväksytty ESj

Työnumero		Päivämäärä	
Työmaa			
Läsnä			

MATERIAALIT:

TYÖOHJEET (käydään läpi työohjekortit):

- Kipsilevyn ja betonin välinen sauma kitataan kauttaaltaan elastisella kitillä, myös alas laskettujen kattojen ja verhokoteloiden takana.
- Ulkoseinällä olevan pistorasian ja levyn välinen sauma kitataan ennen tasoitusta. Sähköurakoitsijan tiivistää asennusputken johdotuksen jälkeen.
- Ulkoseinän levyn ja lattian rajasauma kitataan elastisella kitillä. Kiinnitetään erityistä huomiota nurkkien tiivistykseen.
- Huoneistojen välisten betoniseinien sähkölossit tilkitään polyuretaanilla tai laastilla

LAADUNVARMISTUS:

Mallit:

Tarkastukset:

Dokumentit:

Vastaanotto:

AIKTAULU:

Alkaa:

Välitavoitteet:

TYÖTURVALLISUUS:	
Perehdytys:	
Henkilökohtaiset suojaimet:	
Käyttöturvallisuustiedotteet:	
Siivous ja jätteiden lajittelu:	
Telineet:	
Siivous ja jätteiden lajittelu:	
Työmaajärjestelyt:	
Muut turvallisuusasiat:	
MUUT SOPIMUSASIAT:	
Pvm	
Kuittaus	

 HARTELA SAUMAUSTYÖT ALOITUSPALAVERI	Lomake	5558 0008
	Versio	5
	Pvm	23.3.2012
	Laatija	MHe
	Hyväksytty	ESj

Työn sisältö			
Työnumero		Päivämäärä	
Työmaa			
Läsnä			

KÄYTETTÄVÄT MATERIAALIT JA TYÖOHJEET (käydään läpi työohjekortit):
Puiset ikkunat ja ulko-ovet:
Metalliset ikkunat ja ulko-ovet:
Liikuntasaumat:
Kantavien ja ei kantavien rakenteiden väliset saumat:
Säleiköt:

Putkiläpiviennit:
Katto:
Lattia:
Seinät:
Ulkoseinän liittymäsaumat:
Ulkoseinällä sijaitsevat sähköasiat ja putket:
Muut kittaukset:
LAADUNVARMISTUS:
Mallit:
Tarkastukset:
Dokumentit:
Vastaanotto:
AIKATAULU:
Alkaa:
Välitavoitteet:
Valmis:

TYÖTURVALLISUUS:	
– <i>Tikkailla kuljettaessa ei saa kantaa mitään taakkaa !</i>	
Perehdytys:	
Henkilökohtaiset suojaimet:	
Käyttöturvallisuustiedotteet:	
Telineet:	
Siivous ja jätteiden lajittelu:	
Muut turvallisuusasiat:	
Muut sopimusasiat:	
Pvm:	
Kuittaus:	

**HARTELA****YLÄPOHJAN HÖYRYNSULUN LÄPIVIENTIEN TIIVISTYS****ALOITUSPALAVERI**

Lomake

3577 00A4

Versio

5

Pvm

23.3.2012

Laatija

MHe

Hyväksytty

ESj

Työnumero		Päivämäärä	
Työmaa			
Läsnä			

MATERIAALIT:**TYÖOHJEET (käydään läpi työohjekortit):**

5-160 mm putkien tiivistykseen käytetään Visux-ilmasulku läpivientejä.

LAADUNVARMISTUS:

Mallit:

Tarkastukset:

Dokumentit:

Vastaanotto:

AIKTAULU:

Alkaa:

Välitavoitteet:

Valmis:

TYÖTURVALLISUUS:	
Perehdytys:	
Henkilökohtaiset suojaimet:	
Käyttöturvallisuustiedotteet:	
Siivous ja jätteiden lajittelu:	
Telineet:	
Siivous ja jätteiden lajittelu:	
Työmaaajärjestelyt:	
Muut turvallisuusasiat:	
MUUT SOPIMUSASIAT:	
Pvm	
Kuittaus	

 HARTELA LÄMMÖNERISTEET, HÖYRYNSULKU, ALUSKATE TARKASTUSLOMAKE	Lomake	3571 000A
	Versio	6
	Pvm	23.3.2012
	Laatija	MHe
	Hyväksytty	ESj

Työnumero		Päivämäärä	
Työmaa			
Asunto			

Tarkastus suoritetaan ennen levytystä ja puhallusvillan asennusta

Tarkastetaan	OK tai puute ja korjaustapa
Yläpohja	
Höyrysulku on ehjä, limitetty ja teipattu	
Höyrysulunläpiviennit on tiivistetty Visux läpivientikappaleilla tai muuten varmistettu	
Höyrysulku on limitetty seinän höyrysulun kanssa	
Höytysulku on tiiviisti betoniseinää vasten	
Aluskate on ehjä	
Aluskatteen läpiviennit on varmistettu ja tiiviit	
Kaikki putket on eristetty (Viemärin- ja radonin tuuletusputket ja IV-kanavat, yms.)	
Muut huomautukset	

Tarkastetaan	OK tai puute ja korjaustapa
Ulkoseinät	
Lämmöneristys on yhtenäinen ja tiivisti asennettu	
Höyrysulku on ehjä, limitetty ja saumat teipattu	
Höyrinsulku on laskostettu, limitetty ja teipattu nurkkakohdista	
Höyrinsulun jatkokset eivät osu nurkkien kohdalle, tai ne on limitetty riittävän pitkän matkan nurkan ylitse molemmin puolin ja teipattu	
Höyrinsulun ja sähkörasian liitos on tiivis eikä höyrinsulku ole rikkoutunut	
Höyrinsulku on ikkunoiden kohdalta ilmatiiviisti toteutettu	
Muut huomautukset	
Korjausaikataulu	

MUILTA OSIN EI OLE HUOMAUTETTAVAA

	Tarkastus	Jälkitarkastus
pvm		
Kuittaus		